

А. Л. Нестеров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСУТП

методическое пособие

книга **2**

УДК 62-52
ББК 32.965
Н56

Нестеров А. Л.

Н56 Проектирование АСУТП: Методическое пособие. Книга 2. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с.

ISBN 978-5-93630-654-9

Во второй книге, которая является продолжением ранее изданной первой книги, излагаются следующие сведения:

- о требованиях по выполнению схем АСУТП;
- о выдаче заданий по смежным разделам проекта, которые должны обеспечить создаваемую АСУТП необходимыми условиями ее функционирования и работоспособности технологического объекта управления;
- о подготовке эскизного чертежа и других проектных документов для организации изготовления щита/пульты управления;
- по выбору средств автоматизации, вычислительной и управляющей техники, программного обеспечения и SCADA-систем.

В книге освещены вопросы проектирования структурных схем в условиях применения приборных средств автоматизации, средств микропроцессорной и информационной техники (интеллектуальных датчиков, контроллеров различного вида, серверов и компьютерных средств отображения информации и др.). Даны рекомендации по изменению подхода к начертанию схем, освещению показа на схемах средств противоаварийной защиты, числа и видов каналов ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов от первичных измерительных преобразователей «полевого уровня» к более высоким уровням АСУТП.

Большое внимание в книге уделено вопросам выбора средств автоматизации и вычислительной техники, составлению опросных листов для заказа оборудования, необходимости согласования основных решений со специалистами по проектированию смежных разделов проекта (главным образом технологами, конструкторами механической части, электроснабженцами, электросиловиками), по разработке информационного и программного обеспечения АСУТП, со специалистами заказчика и/или генерального проектировщика.

Методическое пособие предназначено для проектировщиков, разработчиков АСУТП; для менеджеров организаций и подразделений, участвующих в создании АСУТП на различных стадиях ее разработки и внедрения; для специалистов – Заказчиков систем управления с целью установления общего понимания вопросов создания АСУТП на объекте; для студентов, изучающих материалы по автоматизированным системам управления.

**УДК 62-52
ББК 32.965**

Предисловие

Книга 2 пособия является продолжением книги 1, которая вышла из печати летом 2006 года.

В книге 2 даны рекомендации по конкретному выполнению проектных документов: структурных схем, принципиальных электрических схем и схем соединений и подключений с использованием современных полевых приборов, микроконтроллерной и информационной техники.

Показана взаимосвязь схемы КТС и схемы автоматизации, с одной стороны, со схемами соединения и подключения контроллерной и иной вычислительной техники, с другой стороны.

Обращено внимание на обозначение (маркировку) первичных измерительных преобразователей, линий и цепей связи преобразователей со вторичными приборами и контроллерами. Рекомендовано использование обозначений средств полевой автоматизации (первичных измерительных преобразователей, исполнительных устройств и др.) в соответствии с обозначением оборудования и аппаратов технологии и трубопроводов с предусмотренным технологическим регламентом (или документом, его заменяющим) средством автоматизации. Обозначение потребителей электропитания и защитных аппаратов рекомендовано осуществлять в соответствии с их функциональной характеристикой. Рекомендуемые обозначения наглядны и удобны при проектировании структурных и других схем, также при монтажных, пусконаладочных работах и в период эксплуатации АСУТП.

Предлагаемые рекомендации не противоречат действующим в Российской Федерации нормативным документам. Они учитывают требования к документированному использованию сертифицированных современных средств автоматизации, информационной и вычислительной техники в условиях действия закона Российской Федерации о промышленной безопасности опасных производственных объектов.

В книге даны пояснения по подготовке и выдаче заданий на проектирование смежных разделов, служащих для обеспечения АСУТП:

- необходимыми помещениями и энергоносителями;
- системами жизнедеятельности оперативного и эксплуатационного персонала (в том числе связи, сигнализации, сетей передачи информации, пожарной сигнализации и др.);
- элементами сопряжения первичных измерительных преобразователей с технологическим и/или инженерным оборудованием и трубопроводами;
- проходами и конструкциями для прокладки проводок АСУТП.

В отдельной главе изложены процедуры по разработке эскизного чертежа общего вида щита/пульта, указан минимальный объем проектной документации для передачи фирме-изготовителю щита/пульта.

Приведенная в книге 2 классификация первичных средств автоматизации по назначению, измеряемым средам, точности и надежности функционирования, по принципу действия, а также их краткая характеристика позволяет проектировщику АСУТП объективно подойти к выбору средств автоматизации.

Предложена гамма унифицированных опросных листов для заказчика датчика независимо от фирмы-изготовителя. Указана необходимость согласования опросного листа со специалистами по технологии, инженерному и электрическому обеспечению

АСУТП. Подробно изложены требования к сужающим устройствам расходомеров на основании новых ГОСТов, введенных в действие в последние годы, к длинам прямых участков трубопроводов для установки различного вида расходомеров.

Даны рекомендации специалистам по техническому и общесистемному обеспечению АСУТП в части выбора программируемых контроллеров, промышленных полевых сетей, общего программного обеспечения (в том числе SCADA). Указаны требования по расчету модулей и блоков ввода/вывода сигналов, по электропотреблению, по тепловыделениям устройств ВТ.

В подготовке книги 2 к изданию в разной степени участвовали специалисты профильных фирм по проектированию, вводу в действие и эксплуатации АСУТП.

Благодарности заслуживает постоянная организационная и техническая помощь руководства ООО «Петропроект» – генерального директора А. М. Зарецкого и технического директора А. В. Егорова.

Отдельные главы и разделы пособия в период их написания были апробированы сотрудниками:

ООО «Петропроект», г. Санкт-Петербург (И. И. Прокофьев, О. Н. Соловьев);

ООО «ВАМИ-автоматика», г. Санкт-Петербург (Г. А. Левашова, В. А. Баранов);

ООО «Олимп», г. Рига (Р. Бирмане, А. Васянович, А. Аболиньш, М. Плетнева, К. Фоменко);

ООО «СевЗапМонтажАвтоматика-Рига» (А. Жучков);

ООО «Вентспилс Нафта Терминал», Латвия (Н. Дышлов, И. Ильюшин, С. Шкирмант).

В составлении главы 19 принял участие начальник отдела ООО «Олимп» С. Гладышев.

Всем перечисленным специалистам автор выражает искреннюю благодарность.

Особую благодарность автор выражает сотруднице ООО «Петропроект» Ю. В. Филипповой за повседневную помощь в подборке нормативных документов и оформлении текста книги, таблиц, схем и рисунков, сотруднице ООО «Петропроект» Н. П. Бернацкой за разработку ряда рисунков, схем, приложений и таблиц.

Издание пособия осуществлено при моральной поддержке и материальной помощи директора ООО «Олимп», г. Рига, И. Д. Басина, которому автор выражает особую сердечную признательность и благодарность.

Все замечания и предложения по улучшению книги будут приняты с благодарностью.

Автор

Введение

Как отмечено во введении к первой книге пособия:

«Настоящее Методическое пособие по проектированию АСУТП имеет целью помочь специалистам фирм разобраться в большом количестве различных нормативных и руководящих материалов, которые по специфике создания АСУ разрабатывались в разное время различными организациями.

Кроме того, некоторые НТД (нормативно-технические документы) были разработаны в 1980–1990 гг. и не учитывают современное состояние хозяйствования и новые передовые технологии в АСУ.

Данное Методическое пособие – это не учебник по каким-либо элементам АСУТП, это не справочник по отдельным видам обеспечения АСУТП.

Методическое пособие – это пособие для разработчиков АСУТП, которое должно ориентировать их во многих вопросах, возникающих в процессе создания АСУТП, на всех этапах жизненного цикла функционирования АСУТП, начиная от разработки и/или получения и анализа «Задания на создание АСУТП» и заканчивая наладкой системы на объекте и ее промышленной эксплуатацией.

Методическое пособие можно применять при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами различных производств, кроме специальных производств, таких как атомные установки, шахты, производства и хранение изотопов, взрывчатых и отравляющих веществ. Для подобных производств следует руководствоваться отраслевыми нормативными документами, данное пособие для таких производств и установок можно рассматривать как справочное в отдельных аспектах проектирования АСУТП».

Во второй книге рассмотрены вопросы разработки конкретных документов АСУТП.

Книга 2 содержит десять глав – главы 11–20.

Глава 11 носит общий описательный характер разработки различных схем и таблиц АСУТП, указывает коды АСУТП и термины, применяемые при составлении различных схем.

В главе даются рекомендации по выполнению схем на листах форматов А4 и А3, что позволяет использовать более дешевые и распространенные типы плоттеров, принтеров и копиров, а также упрощает пользование схемами при монтаже и эксплуатации АСУТП.

Также в главе приведены размеры основных и дополнительных форматов чертежей и таблицы их складывания по ГОСТ.

Рекомендации по разработке структурных схем даны в главе 12.

Схема организационной структуры выделяет структурные звенья на всех организационных уровнях объекта управления, которые реализуют функции и задачи управления, показывает интегрированные информационные потоки между звеньями с минимизацией их между звеньями одного уровня. Схема приводит местоположение структурных звеньев, их связи, что является первоосновой структуры комплекса технических средств АСУТП.

Схема определяет конкретные функциональные действия структурных звеньев и является основой для разработки схемы функциональной структуры, состоящей из схемы автоматизации и схемы комплекса технических средств. Указанные схемы

могут быть объединены в одну схему функциональной структуры для небольшой по объему информации АСУТП объекта управления.

Схема автоматизации – объединенная функциональная схема технологического объекта управления, которая связывает «полевой уровень» системы с программно-техническим комплексом АСУТП.

В главе рекомендуется выполнение совмещенной со схемой соединений основного комплекта марки ТХ или инженерных систем ОВ, ВК, ЭМ и др. так называемой РИД-системы. Во всех случаях схема автоматизации должна быть обязательно согласована с технологическим (инженерным ОВ, ВК, ЭМ) разделом проекта.

В главе даются рекомендации по указанию границ проектирования, спецификации и т. д. между различными исполнителями создания АСУТП, так как схема автоматизации по ГОСТ 21.408-93 СПДС не учитывает выполнение монтажных, пусконаладочных работ и приобретение оборудования работниками разных специальностей (ТХ, ОВ, ВК, АТХ и др.).

Глава содержит предложения по изображению элементов противоаварийной защиты ПАЗ на схеме, что рекомендуется Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Схему автоматизации рекомендуется выполнять различными способами, каждый из которых предлагает отображение функционального назначения полевого устройства, вида и значения сигнала или вида полевой сети.

Схема автоматизации служит основным проектным документом, который используется при выборе средств автоматизации полевого уровня.

Схема комплекса технических средств КТС является завершением функциональной схемы автоматизации, которая показывает использование «полевой» информации программно-техническими средствами АСУТП. На схеме приводится перечень технических средств комплекса с указанием их местоположения, указывается количество и вид сигналов для каждого информационного и вычислительного технического средства.

Предлагаемое выполнение схемы КТС позволит использовать схему как составную часть задания на программирование АСУТП.

Схема КТС предназначена для выбора средств вычислительной и информационной техники, программного обеспечения АСУТП и SCADA-систем.

Глава 13 содержит пояснения по разработке принципиальных электрических схем в условиях ограничений к ним со стороны проектных, закупочных и эксплуатационных требований.

Приведены рекомендации по порядку разработки схем, их оформлению, обозначению элементов и устройств схемы.

Даны определения и пояснения видов электроцепей: измерения, контроля, сигнализации, защиты, блокировки, управления, регулирования, питания. Приведены примеры выполнения принципиальных электрических схем.

В их числе схемы предупредительной и аварийной технологической сигнализации, командной сигнализации, варианты схем управления нереверсивным электродвигателем, реверсивным электродвигателем механизма длительного действия, механизма, регулирующего или переключающего поток. Глава дополнена рядом схем управления регулирующими приводами «Тулаэлектродпривод», «Прибор», «ELESYB» (г. Томск), «ROTORK», «AUMA», «LIMITORQUE».

В главе изложены требования к электроснабжению АСУТП, питающей и распределительной сетям, к аппаратам управления и защиты, приведены требования к АСУТП и ПАЗ, которые предусмотрены ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожарных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

Особого внимания заслуживает таблица, в которой приведены графические обозначения элементов электрических схем, принятых в РФ, в странах Европы и в США.

Главы 14 и 15 посвящены схемам соединений и подключений электрических (глава 14) и трубных (глава 15) проводок.

В главе 14 показаны различия в схемах соединений внешних и внутрищитовых проводок, в методах выполнения схем: графическим, табличным, упрощенным, адресным (встречным). Изложены способы присоединения и соединения проводников, методы их маркировки.

Большое место в главе уделено рассмотрению вопросов выбора проводов, кабелей и защитных труб. Приведены основные классы кабельных изделий, пояснены некоторые конструктивные особенности кабельной продукции, отражены кабельные изделия, которые применяются в АСУТП.

Кабель с витой парой для построения промышленных и полевых сетей, в том числе по данным зарубежных производителей кабелей, освещен в главе более подробно.

Данные по термоэлектродным, или компенсационным, или термопарным проводам российского производства дополнены данными кабелей для термопар зарубежного производства.

Радиочастотный или коаксиальный кабель для локальных вычислительных сетей или промышленных сетей АСУТП освещен с учетом возможности его использования в проектах АСУТП, указаны способы его соединения и присоединения.

Отдельно выделены вопросы, посвященные использованию волоконно-оптических кабелей ВОК в сетях АСУТП, освещены достоинства и недостатки волоконно-оптических линий связи ВОЛС, виды ВОК для прокладки в различных условиях. Освещены особенности схемы соединений ВОЛС и применения оптических компонентов соединения и подсоединения ВОК.

В главе 15 пояснены термины, касающиеся трубных проводок, арматуры, соединительных и присоединительных устройств для труб.

Применительно к трубным проводкам АСУТП указана классификация трубопроводов по ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» и требования различных нормативных документов, которые необходимо учитывать при выборе труб для проводок АСУТП.

В главе приведены и пояснены схемы измерения давления газа, пара, жидкости, схемы измерения расхода тех же физических веществ, измерения уровня методом перепада давления. Глава дополнена «Перечнем типовых строительных заданий, монтажных чертежей закладных конструкций, действующих в Ассоциации «Монтажавтоматика» на время составления пособия.

Глава 16 «Схема расположения» содержит нормативные требования и практические рекомендации к электрическим и трубным проводкам АСУТП.

В главе даны характеристики видов и способов монтажа электрических проводов и трубных проводок, требования к проводкам и ограничения их прокладки. Изложены условия применения в проекте изделий для прокладки кабелей и труб, которые имеют широкую номенклатуру у различных производителей и поставщиков.

Приведены номограммы определения размеров защитных труб и коробов для прокладки проводников, указаны наименьшие расстояния для кабельных сооружений, между проводками и объектами сближения со ссылками на пункты ПУЭ и ВСН 205-84.

Даны выписки из ГОСТ и ТУ на защитные трубы для электропроводок и на основные изделия для монтажа труб, указаны допустимые длины трубных проводок в зависимости от категории сложности протяжки.

Большое внимание уделено проходам через ограждающие строительные конструкции разного сгораемого и несгораемого вида с указанием типовых монтажных чертежей, вводам электрических и трубных проводок в прибор или щитовую конструкцию. Приведена таблица основных размеров кабельных вводов с различного вида резьбой (метрической, трубной, конической).

Отдельный раздел главы посвящен требованиям и рекомендациям по заземлению проводок: защитному и рабочему заземлению технических средств АСУТП и оборудования информационных технологий. В разделе приведены допустимые наименьшие размеры защитных проводников различного вида.

Назначение и терминология щитовой продукции, требования к ней изложены в главе 17. В главе показаны процедуры по разработке эскизного чертежа общего вида щита/пульта. Приведены обозначения аппаратуры, цепей питания, монтажных проводов, кабелей, которые применяются при изготовлении и монтаже щитовой продукции.

В главе дано пояснение по составу эскизного чертежа, указан минимальный объем документации для передачи фирме по разработке КД и изготовлению щита/пульта.

Глава 18 посвящена выбору средств автоматизации АСУТП. На схеме 18.Сх1:

- изображены взаимосвязи факторов внешнего воздействия на средства автоматизации;
- указано взаимодействие территориальных, внутриобъектовых факторов;
- показаны особые условия взаимодействия климатических факторов, воздействие экологического загрязнения, сейсмических факторов и молнии;
- рассмотрены необходимые нормативы рабочей зоны и рабочего места;
- приведены категории производственных объектов, требования к системам ПАЗ, АСУТП, СКУ, СиО, которые проектируются на технологическом объекте управления;
- выделены категории зданий, помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, которые требуют защиты с установкой АУПТ и АУПС;
- указаны уровни взрывозащиты и/или степень защиты оболочки СА в зависимости от класса взрывоопасной или пожароопасной зоны по ПУЭ и вида установки (стационарная, передвижная, в шкафу или коробке).

Все приведенные факторы воздействия на СА подтверждены таблицами, соответствующими ПУЭ, ГОСТ, инструкциям РД и СО.

В главе указаны типы оборудования технологического объекта управления (аппараты и коммуникации), особенности физических сред и основные физические величины и параметры, которые измеряются, контролируются или регулируются средствами автоматизации.

В разделе 18.11 главы рассматриваются вопросы функционирования первичного средства автоматизации:

- по назначению (измерение, контроль, регулирование);
- по измерительной среде (жидкость, газ, пар, твердое/сыпучее тело) и ее физической величине (температура, давление, уровень и т. д.);
- по точности функционирования (оперативное, техническое или метрологическое);
- по надежности (безотказность, безопасность, ремонтпригодность, долговечность, живучесть и т. п.).

Глава 18 подразделяет полевые средства автоматизации на:

- первичный измерительный преобразователь, сенсор (датчик/датчик измерительный, датчик-реле/детектор);
- исполнительное устройство.

В последующих разделах главы приведены основные требования к различным полевым средствам автоматизации и даны рекомендации по использованию СА в тех или иных условиях эксплуатации объекта управления.

Приведена классификация манометров, расходомеров, уровнемеров.

Достаточно подробно изложены требования к сужающим устройствам расходомеров со стороны ГОСТ 8.5633-97 (части 1 и 2) и ГОСТ 8.586-2005 (части 1–5).

Для большинства датчиков измерительных приведены формы опросных листов для их заказа.

Выбору комплекса программно-технических средств АСУТП посвящена глава 19.

Отмечены 4 варианта создания АСУТП. Все они предполагают необходимость тесного сотрудничества специалистов по проектированию АСУТП и специалистов действующего или вновь строящегося технологического объекта управления.

В главе показаны различия между классами и видами микроконтроллеров, пояснены основные характеристики функциональных модулей микроконтроллеров, что позволяет логично подойти к выбору микроконтроллера и его составных частей. Даны рекомендации по порядку, очередности анализа исходных данных для выбора микроконтроллера, компоновки коммуникационных модулей (модулей ввода/вывода информации).

Составление баланса токов и мощностей составных частей контроллера позволяет определить мощность источника питания и тепловые потери от оборудования, установленного в щите.

В главе отмечены специфические особенности промышленных сетей, различия полевых (сенсорных) контроллерных сетей, приведены основные характеристики промышленных сетей обоих уровней, приведены виды топологии сетей и даны общие характеристики активных устройств промышленных сетей; освещены проблемы выбора программного обеспечения АСУТП, программирования контроллеров с использованием пакетов программ и языков стандарта МЭК. Указаны требования к программному обеспечению операторской станции с использованием SCADA-систем или программ разработчика конкретной АСУТП.

Автоматизированная система управления технологическим процессом как составная часть автоматизированного комплекса технологического объекта управления должна быть обеспечена необходимыми условиями для ее функционирования при длительной эксплуатации объекта.

Глава 20 определяет основные технические требования и параметры:

- помещений АСУТП;
- энергоносителей для АСУТП;
- систем жизнедеятельности оперативного и обслуживающего персонала (отопление, вентиляция, канализация, связь и сигнализация, пожарная сигнализация, пожаротушение и т. п.);
- элементов соединения (сопряжения) технических средств АСУТП с элементами объекта управления (технологическими аппаратами и коммуникациями, электро-техническим оборудованием и устройствами и др.);
- закладных конструкций для размещения элементов АСУТП на технологическом оборудовании и трубопроводах;
- конструкций для прокладки кабельных и трубных проводок.

В главе освещены вопросы создания вновь или дооснащения существующего подразделения АСУТП (службы) на предприятии.

В главе 20 приведены различные формы на выполнение смежных разделов проекта АСУТП; даны примеры их заполнения; указаны нормативно-технические документы, требования которых к помещениям АСУТП, к системам жизнеобеспечения средств автоматизации и вычислительной техники необходимо учитывать при заполнении форм и в текстовой части заданий.

Отдельным приложением выделены процедуры разработки и контроля за ходом реализации задания на закладную конструкцию для размещения элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах.

Рекомендации пособия не противоречат требованиям нормативно-технических документов. Они дополняют и разъясняют возможности известных стандартов для учета особенностей создания АСУТП с использованием современных высокоинтеллектуальных средств вычислительной и информационной техники и средств автоматизации.

Выполнение проектных документов требует конкретизации требований технического задания на проектирование, которые имеют неоднозначные решения и применение различных средств СА и СВТ. Поэтому настоятельно рекомендуется, не перекладывая ответственность на заказчика или на генерального проектировщика, проводить с ними технические согласования предлагаемых решений. Полученное одобрение или молчаливое принятие решений проектировщика при реализации требований ускорит и упростит сдачу АСУТП «под ключ» и ввод АСУТП в промышленную эксплуатацию.

Каждая глава выполнена как отдельный законченный документ и имеет свою внутреннюю сквозную нумерацию листов/страниц, начиная с 1; например, нумерация в главе 14: 14–1, 14–2, 14–3 и т. д., каждая глава имеет «оглавление», в котором перечислены все разделы и подразделы данной главы, приведены перечни графических материалов главы.

Обозначение разделов и подразделов главы содержит номер главы, далее через точку порядковый номер раздела и через точку порядковый номер подраздела;

например, в главе 15 разделы имеют обозначения: 15.4, 15.5, 15.6 и т. д., а подразделы: 15.6.1, 15.6.2, 15.6.3 и т. д.

Последними разделами в каждой главе являются разделы: «Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в главе» и «Перечень основных терминов, примененных в главе» (гlossарий). В перечне указаны основные термины, пояснения к которым приведены в том или ином разделе/подразделе главы.

Раздел с указанием НТД, на которые имеются многочисленные ссылки в главе, позволяет пользователю «Методического пособия» по обозначению и наименованию НТД получить доступ через Интернет или библиотечный фонд к основному тексту документа с целью разъяснения, уточнения или подтверждения сведений, приведенных в «Пособии».

Сведения и материалы «Пособия» имеют рекомендательный характер, лишь действующий нормативно-технический документ несет узаконенные информацию и требования.

Нормативно-технические документы, к сожалению для разработчика АСУТП, неизбежно имеют тенденцию к обновлению и изменению.

Настоятельно рекомендуется при разработке системы проводить проверку срока действия каждого используемого НТД.

Как правило, в конце главы сгруппированы графические материалы (рисунки, схемы), приложения и таблицы, которые служат поясняющими или дополнительными материалами к текстовой части главы.

Обозначения указанных материалов таково: впереди приведен порядковый номер главы, далее через точку обозначение вида материала (Пр – приложение, Р – рисунок, Сх – схема, Т – таблица) и порядковый номер материала конкретного вида; например, 13.Пр1, 13.Р1, 13.Сх1, 13.Т1 и т. д.

В «Оглавлении» главы указаны номера листов, на которых приведен тот или иной раздел (подраздел), графический или дополнительный материал главы. Приведенное указание облегчает поиск материалов главы. Так, например, если имеется ссылка по тексту на таблицу 18.Т10, то по «Оглавлению» находим номер листа, на котором приведена данная таблица.

В конце книги приведен «Указатель НТД, примененных в главах и разделах книг 1 и 2 пособия». Указатель позволит отыскать раздел главы пособия, в котором использован конкретный НТД, что особенно эффективно при внесении изменений, замене или отмене этого нормативно-технического документа.

Глава 11. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ

	Лист
11.1. Общие требования	11–1
11.1.1. Схемы и их коды	11–1
11.1.2. Таблица к схеме	11–1
11.1.3. Схема совмещения	11–1
11.1.4. Термины	11–2
11.2. Оформление схем	11–2
11.2.1. Формат листов	11–2
11.2.2. Складывание чертежей	11–3
11.2.3. Графические обозначения	11–3
11.2.4. Перечень элементов	11–3
11.2.5. Линии связи (взаимосвязи)	11–4
11.2.6. Буквенно-цифровые обозначения	11–4
11.2.7. Технические данные	11–5
11.2.8. Текстовые данные	11–5
11.2.9. Технические указания	11–5
11.2.10. Расположение текстовых материалов	11–6
11.3. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	11–6
11.4. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	11–6
Перечень таблиц	
11.Т1. Основные размеры и схемы построения форматов по ГОСТ 2.301-68*	11–7
11.Т2. Таблица складывания чертежей по ГОСТ 2.501-88	11–8
11.Т3. Перечень элементов	11–12
11.Т4. Расположение текстовых материалов на поле схемы	11–12

11.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

11.1.1. Схемы и их коды

Схемы АСУТП различают по их основному назначению и в соответствии с ГОСТ 2.701-84 (ЕСКД), ГОСТ 21.408-93 (СПДС), ГОСТ 24.302-80 (СТД АСУ), ГОСТ 34.201-89 (ИТ.КСАСУ).

Код схемы для АСУТП устанавливают по ГОСТ 34.201-89:

- схема структурная комплекса;
- схема организационная – С0;
- схема технических средств – С1;
- схема функциональная – С2;
- схема автоматизации – С3;
- схема соединений (монтажная) – С4;
- схема подключений – С5;
- схема принципиальная электрическая – С6;
- схема расположения оборудования и проводок – С7.

Схему принципиальную электрическую можно обозначить также кодом СБ по ГОСТ 34.201-89 или кодом ЭЗ по ГОСТ 2.701-84.

Количество схем на создание АСУТП должно быть минимальным и в то же время содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, составления заказных спецификаций и смет, приобретения оборудования и материалов, изготовления, монтажа, наладки, эксплуатации и ремонта технических средств АСУТП.

Допускается схему определенного типа выполнять на нескольких листах или вместо одной схемы определенного типа выполнять совокупность схем такого типа. В последнем случае каждая схема оформляется как самостоятельный документ с указанием в основной надписи названия конкретной функциональной группы или функциональной цепи. Как самостоятельному документу схеме, начиная со второй, в обозначении добавляют через точку арабскими цифрами порядковые номера (например, ...С3... С3.1... С3.2).

Функциональные группы, устройства и элементы должны иметь обозначения, обеспечивающие их быстрый поиск на различных схемах АСУТП.

11.1.2. Таблица к схеме

В виде самостоятельного документа может выпускаться таблица к схеме или взамен схемы. Такой документ имеет код, состоящий из буквы «Т» и кода соответствующей схемы, например ТС4 «Таблица соединений». В основной надписи такого документа указывается наименование чертежа и наименование документа, например «Таблица соединений».

11.1.3. Схема совмещения

Допускается выпускать схему совмещенную, когда на схеме одного типа (например, соединений) помещают сведения, характерные для схемы другого типа (например, подключений). Наименование и код совмещенной схемы устанавливает разработчик АСУТП.

11.1.4. Термины

Приводим пояснение терминов главы 11:

- **элемент схемы** – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в схеме и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, трансформатор, насос, распределитель, муфта и т. п.);
- **устройство** – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, механизм, распределительная панель и т. п.). Устройство может не иметь определенного функционального назначения;
- **функциональная группа** – совокупность элементов, выполняющих в схеме определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию;
- **функциональная часть** – элемент, устройство, функциональная группа;
- **функциональная цепь** – линия, канал, тракт определенного назначения (канал температуры, давления, оптоцепь... и т. д.);
- **линия взаимосвязи** – отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями схемы;
- **установка** – условное наименование объекта управления, на который выпускается схема, например, насос.

11.2. ОФОРМЛЕНИЕ СХЕМ

11.2.1. Формат листов

Формат листов схем выбирают из пакета форматов по ГОСТ 2.301-68*. Для АСУТП схемы следует выполнять на листах форматов А4 и А3, что позволяет использовать более дешевые типы плоттеров и принтеров. Для некоторых схем форматы могут быть выбраны из основных форматов ГОСТа или дополнительных форматов с кратностью сторон. Основные размеры форматов по ГОСТ 2.301-68* и схема построения приведены в таблице 11.Т1.

При выборе форматов необходимо учитывать:

- объем и сложность схемы;
- степень детализации данных, приводимых в схеме;
- особенности и возможности техники выполнения, вывода на графопостроение (печать) и размножения схем в организации разработчика АСУТП и у Заказчика.

Выбранные форматы не должны нарушать форматы, установленные исходными материалами или техническими условиями контакта/договора на создание АСУТП.

Во всяком случае формат А4 и кратные ему форматы 297 × 420, 297 × 630, 297 × 841, 297 × 1051 более удобны в использовании при монтаже на объекте, при наладке и эксплуатации.

Форматы больших размеров, но меньших номеров (А2, А1, А0) и кратные им рекомендуется применять для схем расположения оборудования и проводок и, возможно, для схемы автоматизации (С7 и С3).

Схемы больших площадей рекомендуется разделять на фрагменты, используя листы форматов А4 и А3.

Все схемы АСУТП, кроме схемы расположения оборудования, выполняются без масштаба, учитывая по возможности приближенное расположение отдельных устройств и аппаратов.

11.2.2. Складывание чертежей

В таблице 11.Т2 приведены методы складывания чертежей форматов А3, А2, А1 и А0 в папки и для брошюрования в книги/тома по ГОСТ 2.501-88.

11.2.3. Графические обозначения

При выполнении схем применяют условные графические обозначения, установленные в государственных стандартах на схемы конкретного типа.

При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения, которые помещают на поле схемы с соответствующими пояснениями.

Условные графические обозначения должны иметь размеры, одинаковые для всех схем данной АСУТП и указанные в соответствующих стандартах на обозначения.

В то же время размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять.

Условное графическое обозначение элемента, используемое в составе обозначений других элементов, допускается изображать уменьшенными по отношению к другим элементам.

Графические обозначения выполняют линиями, толщина которых равна толщине линий связи.

Графические обозначения устройств, функциональных групп или элементов располагают на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре АСУТП и ее частей во взаимодействии. При наличии нескольких параллельных одинаковых устройств, групп или элементов допускается вместо изображения всех ветвей параллельного соединения изображать только одну ветвь, указав количество ветвей на обозначении ответвления.

При наличии последовательно соединенных трех и более элементов, устройств, групп допускается изображать только первый и последний элемент, устройство, группу, показывая связи между ними штриховыми линиями с указанием общего числа одинаковых единиц. При присвоении элементам, устройствам, группам обозначений должны быть учтены единицы, не изображенные на схеме.

Элементы во всех подобных случаях записывают в перечень элементов одной строкой с указанием общего их количества.

11.2.4. Перечень элементов

Перечень элементов выполняют в соответствии с п. 2.6 ГОСТ 2.701-84 в виде таблицы (таблица 11.Т3). Перечень элементов помещают на первом листе чертежа в виде столбца над основной надписью схемы или выполняют отдельным документом на листе/листах формата А4. На чертеже большего размера (А3, А2 и т. п.) продолжение перечня помещают слева от основной надписи; заглавие таблицы повторяют над каждым столбцом перечня.

Элементы записывают сверху вниз, как правило, группами в пределах функциональных групп в алфавитном порядке буквенных обозначений позиций; внутри группы элементов с одинаковым буквенным обозначением элементы располагаются по возрастанию порядковых номеров. В перечне в графе «Наименование» помещают заголовок (заголовок подчеркивается или выделяется шрифтом), например, «Щит питания», «Щит контроллера». Элементы, не входящие в функциональную группу, записываются в начале перечня без заголовка. Если на схеме имеется несколько одинаковых функциональных групп, то в перечне указывают количество элементов, входящих в одну группу. Общее число функциональных групп указывают в графе «Количество» на одной строке с заголовком.

При выпуске перечня элементов в виде отдельного самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень (например, ПС4). При этом в основной надписи указывают наименование схемы, а также наименование документа «Перечень элементов». Самостоятельный перечень документов выполняют на формате А4 с основной надписью и дополнительными графами по форме текстовых документов (ф. 2 и 2а ГОСТ 2.104-68).

В «Перечне элементов» в отдельных случаях могут быть неполные сведения об элементах, объем сведений для которых установлен в стандартах на элементы.

Сведения об элементах могут быть неполными также на первых стадиях проектирования (кроме рабочего проекта).

11.2.5. Линии связи (взаимосвязи)

Линии связи (взаимосвязи) выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от формата схемы и размеров условных графических обозначений (рекомендуется толщина – 0,3–0,4 мм). Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и в редких случаях из наклонных линий незначительной длины. Линии связи в пределах одного листа могут иметь, а переходящие с одного листа на другой имеют обрывы, которые необходимо идентифицировать указанием обозначения или наименования данной линии связи (например, номер провода, наименование сигнала, полярность, давление, расход и т. п.).

11.2.6. Буквенно-цифровые обозначения

Все элементы схемы, а также устройства, функциональные группы, составляющие АСУТП и изображенные на схеме, должны иметь обозначения в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем. В частности, обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах выполняют по ГОСТ 21.404-85, обозначения условные технических средств АСУ – по ГОСТ 24.303-80.

Количество стандартов по обозначениям условным графическим в схемах по ЕСКД весьма велико.

Условные графические обозначения, наиболее часто применяемые в проектах АСУТП со ссылками на соответствующие ГОСТы, приведены в главах, посвященных конкретным схемам.

11.2.7. Технические данные

На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется названием схемы. Такие сведения указывают либо около графических элементов и устройств, например, номинальное значение их параметров, а на свободном поле схемы – диаграммы, таблицы, текстовые указания (диаграммы последовательности временных процессов, циклограммы, таблицы замыкания контактов коммутирующих устройств, указания о специфических требованиях к монтажу и т. п.).

11.2.8. Текстовые данные

Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях на схемах не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут быть расположены:

- рядом с графическими обозначениями;
- внутри графических обозначений;
- над линией связи;
- рядом с концами линий связи;
- на свободном поле схемы.

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно горизонтальными участками соответствующих линий.

При большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных.

На схеме около условных графических обозначений элементов, требующих пояснения в условиях эксплуатации (например, переключатели, потенциометры, регуляторы и т. п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения.

Надписи, знаки или графические обозначения, предназначенные для нанесения на изделие, на схеме заключают в кавычки.

Если на изделие должна быть нанесена надпись в кавычках, то на поле схемы приводят соответствующие указания.

11.2.9. Технические указания

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например, требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов, величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами, жгутами и кабелями, трубопроводами, данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов, кабелей и трубопроводов и т. п. При выполнении схемы на нескольких листах технические указания,

являющиеся общими для всей схемы, следует располагать на свободном поле (по возможности над основной надписью) первого листа схемы, а технические указания, относящиеся к отдельным элементам, располагают или в непосредственной близости от изображения элемента, или на свободном поле того листа, где они являются наиболее необходимыми для удобства чтения схемы.

11.2.10. Расположение текстовых материалов

Схема содержит графическое изображение элементов, устройств, функциональных цепей и групп с их обозначениями, линии взаимосвязи.

Схема в общем случае может быть дополнена необходимыми текстовыми материалами, расположение которых на поле чертежа или в виде отдельного документа указано в таблице 11.Т4.

11.3. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

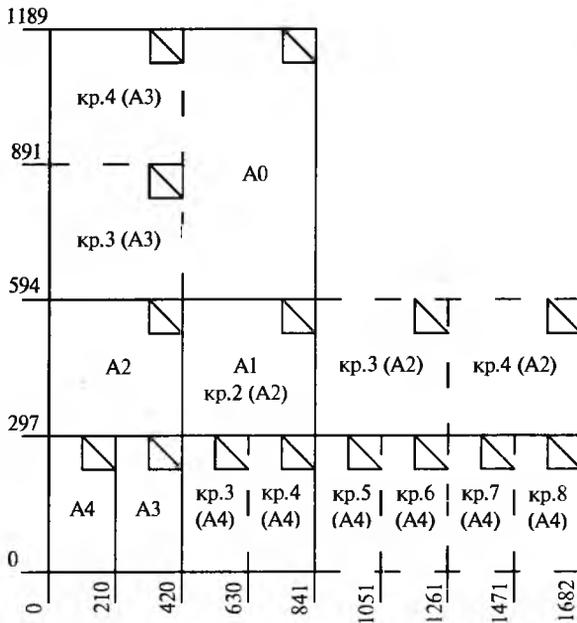
ГОСТ 2.104-68	ЕСКД. Основные надписи
ГОСТ 2.301-68*	ЕСКД. Форматы
ГОСТ 2.501-88	ЕСКД. Правила учета и хранения
ГОСТ 2.701-84	ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 21.404-85	СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах
ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
ГОСТ 24.302-80	СТД АСУ. Общие требования к выполнению схем
ГОСТ 24.303-80	СТД АСУ. Обозначения условные графические технических средств
ГОСТ 34.201-89	ИТ.КСАСУ. Виды. Комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем

11.4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Линия взаимосвязи	11.1.4
Установка	11.1.4
Устройство	11.1.4
Функциональная группа	11.1.4
Функциональная цепь	11.1.4
Функциональная часть	11.1.4
Элемент схемы	11.1.4

Таблица 11.Т1

Основные размеры и схемы построения форматов по ГОСТ 2.301-68*



Основные форматы

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

Примечания:

1. При выполнении чертежа длинную сторону формата располагают горизонтально.
2. Если размеры изображаемого предмета по высоте значительно больше остальных, то длинная сторона может быть размещена вертикально.
3. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией.
4. Формат А4 (210 × 297) располагают только по вертикали.

Дополнительные форматы

Кратность, кр.	Размеры сторон производных форматов, мм		
	A2	A3	A4
3	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841
5	—	420 × 1486	297 × 1051
6	—	—	297 × 1261
7	—	—	297 × 1471
8	—	—	297 × 1682

Таблица 11.Т2

Таблица складывания чертежей по ГОСТ 2.501-88

Складывание в папки

Размеры, мм

Формат	Схема складывания	Складывание	
		продольное	поперечное
A0 (841 × 1189)			
A1 (594 × 841)			

Продолжение табл. 11.Т2

Размеры, мм

Формат	Схема складывания	Складывание	
		продольное	поперечное
A2 (420 × 594)			
A3 (297 × 420)			

Продолжение табл. 11.Т2

Складывание для непосредственного брошюрования

Размеры, мм

Формат	Схема складывания	Складывание	
		продольное	поперечное
A0 (841 × 1189)			
A1 (594 × 841)			

Окончание табл. 11.Т2

Размеры, мм

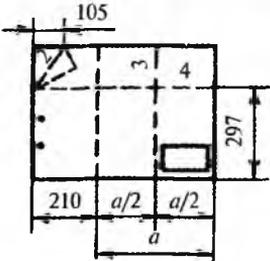
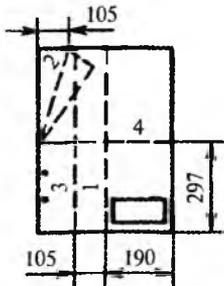
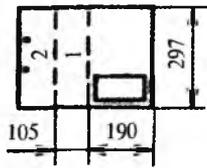
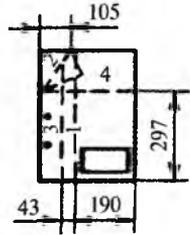
Формат	Схема складывания	Складывание	
		продольное	поперечное
A2 (420 × 594)			
			
A3 (297 × 420)			
			

Таблица 11.Т3

Перечень элементов
Оформление перечня элементов

	20	110	10	
	185			

Оформление перечня элементов в виде самостоятельного документа

	8	20	110	10
	185			

Таблица 11.Т4

Расположение текстовых материалов на поле схемы

Текстовый материал на поле схемы	Объемный документ	Схема						
		Над основной надписью	На символ-ном поле	Графическое изображение		Линия связи		
				Около изображения	Внутри изображения	Над	В разрезе	В конце
Таблица к схеме	+ Т	-	+	-	-	-	-	-
Перечень элементов	+	+	-	+	-	-	-	-
Технические данные	-	-	+	+	-	-	-	-
Текстовые данные	-	-	+	+	+	+	+	+
Технические указания	-	Желательно +	+	Желательно +	-	-	-	-

Т – дополнительный код в документе (см. 11.1.2).

Глава 12. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ

	Лист
12.1. Виды структурных схем	12–1
12.2. Схема организационной структуры (С0)	12–1
12.2.1. Общие требования	12–1
12.2.2. Выполнение схемы	12–3
12.3. Схема функциональной структуры (С2)	12–6
12.4. Схема автоматизации (С3)	12–9
12.4.1. Обозначение места установки полевых СА	12–10
12.4.2. Графические обозначения	12–14
12.4.3. Буквенные обозначения	12–15
12.4.4. Способы выполнения схемы	12–17
12.4.4.1. Упрощенный способ	12–18
12.4.4.2. Развернутый способ	12–20
12.5. Схема комплекса технических средств (С1)	12–24
12.6. Обозначение места использования информации	12–25
12.7. Рекомендации по размерам и толщинам обозначений и линий	12–26
12.7.1. Графические обозначения	12–26
12.7.2. Буквенно-цифровые обозначения	12–27
12.8. Предложения по выполнению схем автоматизации	12–27
12.8.1. Общие требования	12–27
12.8.2. Краткое описание примеров обозначения функциональных контуров	12–28
12.9. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	12–34
12.10. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	12–36

Перечень рисунков

12.P1. Форма перечня закладных конструкций, первичных приборов	12–37
--	-------

Перечень схем

12.Cx1. Схема организационной структуры	12–38
12.Cx2. Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом по ГОСТ 21.408-93	12–41
12.Cx2a. Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом, предлагаемым «Пособием»	12–43
12.Cx3. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом по ГОСТ 21.408-93	12–45
12.Cx3a. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом, предлагаемым «Пособием»	12–47
12.Cx3б. Сравнение обозначений функциональных контуров контроля и управления развернутым способом	12–49
12.Cx3в. Примеры обозначения функциональных контуров контроля и управления развернутым способом	12–51
12.Cx3г. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом по ГОСТ 21.408-93 (вариант 2)	12–55
12.Cx4. Схема функционального контура	12–57
12.Cx5. Пример схемы комплекса технических средств	12–58
12.Cx6. Пример схемы автоматизации упрощенным способом	12–65

Перечень таблиц

12.Т1.	Условные графические обозначения полевых средств автоматизации АСУТП	12–66
12.Т2.	Основные графические обозначения в функциональных схемах («полевой» уровень) по ГОСТ 21.404–85 и ISO 3511	12–68
12.Т2а.	Предлагаемые основные графические обозначения средств автоматизации и вычислительной техники на схемах функциональных	12–69
12.Т2б.	Предлагаемые графические обозначения функциональных контуров автоматизации	12–70
12.Т3.	Условные графические обозначения технических устройств и знаков по ГОСТ 24.303–80.	12–72
12.Т4.	Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404–85 и ISO 3511/2	12–76
12.Т5.	Типовые буквенные сочетания	12–79
12.Т6.	Дополнительные буквенные обозначения по ГОСТ 21.404–85.	12–81
12.Т7.	Таблица контуров автоматизации	12–82
12.Т8.	Условные буквенно-цифровые обозначения входных/выходных сигналов	12–83
12.Т9.	Рекомендуемая толщина линий в схемах функциональных автоматизаций	12–85
12.Т10.	Высота буквенно-цифрового обозначения	12–86

12.1. ВИДЫ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

Схема структурная – схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи (ГОСТ 2.701-84).

Схемы структурные разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием (установкой).

В АСУТП необходимо различать следующие виды структурных схем по ГОСТ 24.302-80:

- схема организационной структуры (СО);
- схема функциональной структуры (С2);
- схема структурная комплекса технических средств (С1).

Каждый вид структурных схем отражает графически и текстом соответствующий вид обеспечения АСУТП:

- организационное обеспечение;
- функциональное обеспечение;
- техническое обеспечение.

Эти виды обеспечения АСУТП неразрывно связаны между собой, дополняют своими средствами друг друга и тем самым образуют базовую основу АСУТП.

Эти виды обеспечения и соответствующие им структурные схемы должны проектироваться взаимосвязанно и согласованно.

Ход разработки материалов проекта отражен в главе 6 блок-схемами и комментариями к ним. В исходных материалах по созданию АСУТП (глава 5) изложены требования к видам обеспечения системы по ГОСТ 24.104-85.

12.2. СХЕМА ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ (СО)

12.2.1. Общие требования

Схема организационной структуры СО выполняется как на предпроектной стадии, так и на стадиях «Проект» («Технический проект»), «Рабочий проект».

В составе «Технического задания на создание автоматизированной системы» по ГОСТ 34.602-89, п. 2.6.3.7 приводятся требования к структуре и функциям подразделений, участвующих в функционировании АСУТП и обеспечивающих ее эксплуатацию, требования к порядку взаимодействия персонала системы и персонала технологического объекта управления.

При этом необходимо учитывать требования п.п. 2.6.1.5, 2.6.1.6, 2.6.1.8 и 2.6.1.14 данного ГОСТа.

В «Техническом задании» схема организационной структуры может входить поясняющим рисунком (схемой) в текстовую часть раздела «Организационное обеспечение системы».

На стадии «Проект» («Технический проект») и «Утверждаемая часть рабочего проекта» выполняется схема организационной структуры как в виде самостоятельного документа СО по п. 2.15 РД 50-34.698-90, так и в виде составной части документа

«Описание организационной структуры» ПВ п. 3.1 РД или документа «Описание автоматизируемых функций ПЗ» п. 2.5 РД 50-34.698-90.

В указанных документах отражается структура и изменения в существующей оргструктуре управления объектом и во взаимосвязях между подразделениями при создании АСУТП, приводятся функции подразделений, создаваемых с целью функционирования АСУТП, количество и квалификация работников АСУТП.

Как отмечено в п. 6 приложения 2 к РД 50-680-88:

«Создание АС требует, как правило, изменения (совершенствования) организационной структуры объекта автоматизации.

Принципы совершенствования структуры включают следующие основные положения:

1) выделение структурных звеньев на каждом организационном уровне должно осуществляться так, чтобы каждое звено работало на достижение определенной совокупности целей, требуемая при этом интеграция всех видов деятельности достигается созданием специализированных подразделений, полностью отвечающих за выполнение определенной группы функций;

2) организационная структура должна базироваться на интегрированных информационных потоках; потоки между звеньями должны быть сведены к минимуму и идти кратчайшими маршрутами;

3) достижение единства организации процессов планирования, учета, анализа, регулирования, т. е. обеспечение координации и синхронизации действия всех служб исполнителей должно быть получено за счет усиления непосредственного контакта с вычислительным комплексом».

На схеме СО должны быть указаны структурные звенья на каждом организационном уровне технологического объекта управления (службы, подразделения, пункты управления и отдельные должностные лица), которые реализуют функции и задачи управления. Пример схемы организационной структуры приведен на схеме 12.Сх1.

Линии связи на схеме должны отражать вертикальные отношения подчиненности при реализации функций управления. Возможны также горизонтальные информационные связи между структурными звеньями.

Линии связи в общем случае отражают интегрированные информационные потоки между звеньями. Потоки информации следует минимизировать и осуществлять по кратчайшему пути.

Организация структурных звеньев, их местоположение и интегрированные информационные потоки между звеньями являются первоосновой создания структуры комплекса технических средств и в первую очередь средств вычислительной и управляющей техники.

Схема организационной структуры, как правило, дополняется рядом текстовых и расчетных материалов, определяющих и поясняющих организационную структуру объекта управления и АСУТП этого объекта.

Материалы необходимы для выполнения конкретных автоматизируемых функций и определяют деятельность звеньев в условиях функционирования АСУТП, а также определяют нормы и формы представления результатов деятельности персонала и системы управления.

Схема организационной структуры, согласованная и утверждаемая заказчиком разработки АСУТП на стадии «проект» («технический проект») или «утверждаемая

часть рабочего проекта», является основанием для выполнения на стадии «рабочий проект» или «рабочая документация» следующих документов:

- И1 «Методика (технология) автоматизированного проектирования», требования к которой изложены в п. 3.2 РД50-34.698-90;
- И2 «Технологическая инструкция», требования к которой приведены в п. 3.3 «Методических указаний» РД 50-34.698-90;
- И3 «Руководство пользователя» по п. 3.4 указанного РД;
- ПГ «Описание технологического процесса обработки данных» в соответствии с п. 3.5 РД.

Документы И1, И2, И3 и ПГ входят также в состав эксплуатационных документов системы в соответствии с ГОСТ 34.201-89.

Требования к содержанию и оформлению документа И3 «Руководство пользователя» («оператора» в случае АСУТП) изложены в ГОСТ 19.505-79 (код вида документа 34 «Руководство оператору» по ГОСТ 19.101-77).

Документ ПГ «Описание технологического процесса обработки данных» (по ГОСТ 19.101-77 код вида документа 81) разрабатывается в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению по ГОСТ 19.404-79 «Пояснительная записка».

Перечисленные документы выполняются специалистами по организационно-обеспечению АСУТП. Возможно привлечение к разработке документов специалистов по техническому, математическому и программному обеспечению АСУТП. Документы И2, И3 и ПГ служат основными документами:

- при обучении оперативного и эксплуатационного персонала;
- при выполнении оперативных мероприятий по контролю за работой и управлением информационных и управляющих возможностей АСУТП;
- при выполнении эксплуатационных действий с целью обеспечения нормального (штатного) и аварийного (внештатного) функционирования комплекса технических и программных средств АСУТП.

12.2.2. Выполнение схемы

Технологический объект может функционировать под управлением одного или нескольких структурных звеньев управления, которые могут находиться на одном, двух и более организационных уровнях управления технологического объекта.

Разрабатываемая АСУТП:

- может оставить без изменения существующую организационную структуру, оснастив структурные звенья программно-техническими и средствами управления;
- путем использования программно-технических средств;
- может изменить существующую схему организационной структуры и способов управления в различной степени;
- должна предложить новую схему организационной структуры для вновь строящегося технологического объекта.

Схема организационной структуры технологического объекта управления (ТОУ) разрабатывается на основании согласованных исходных материалов на проектирование АСУТП (в том числе «Задания на проектирование АСУТП»), анализа функционирования АСУТП на аналогичных ТОУ, расчетов штатов обслуживания АСУТП

и ТОУ, анализа возможностей предполагаемых к использованию в АСУТП программных, алгоритмических и технических средств, анализа существующего и предполагаемого документооборота и форм предоставления результатов как системы управления в целом, так и результатов деятельности отдельных структурных звеньев (должностных лиц, подразделений и служб).

Начинать выполнение схемы следует с расчленения ТОУ на подобъекты, участки, узлы, которые подконтрольны и управляются отдельным структурным звеном.

При этом технологический узел или участок – это конструктивно и технологически обоснованная часть технологического объекта управления, как правило, выделяющая стадию подготовки сырья, этапы переработки сырья и полупродуктов, хранения полупродуктов и конечного продукта и т. п.

В нижней части схемы помещается прямоугольник с наименованием группы объектов по титульному списку строительства технологического объекта управления.

Выше помещается ряд прямоугольников с наименованием подгрупп объектов, еще выше – ряд прямоугольников с наименованием отдельных технологических устройств, сооружений, аппаратов, которые составляют технологический узел или участок.

Выделение в отдельный прямоугольник групп или технологических узлов, участков производится при наличии структурного звена, которое организует работу перечисленных выделяемых объектов или узлов, участков с использованием оборудования АСУТП ТОУ.

Над каждым выделенным прямоугольником, в котором указан технологический узел, участок или объект, располагается прямоугольник с указанием структурного звена (должностного лица, подразделения или службы предприятия), в организационные или функциональные обязанности которого входит управление или контроль за работой соответствующего технологического узла, участка или объекта.

В прямоугольнике, относящемся к структурному звену в выделяемых строках (сверху вниз), указывается:

- место расположения, размещения структурного звена;
- должностное лицо, подразделение или служба, образующее данное структурное звено;
- вид технических средств автоматизации, вычислительной техники и связи, используемых в АСУТП;
- конкретные технические средства и функциональные группы устройств комплекса технических средств по таблице, которая приведена на листе схемы 12.Сх1;
- функции АСУТП, осуществляемые данным структурным звеном по таблице, приведенной в схеме 12.Сх1.

Последние, нижние две строки соответствуют данным, которые указываются обычно в схеме функциональной структуры АСУТП. Возможно совмещение схем организационной и функциональной структур в единую схему. Единой схеме, как правило, присваивают наименование «схема организационной структуры».

Прямоугольник структурного звена нижнего уровня, в некоторых обоснованных случаях более высокого уровня, имеет линию связи с соответствующим прямоугольником технологического узла, участка или подобъекта.

Выше на схеме располагаются прямоугольники структурных звеньев более высокого уровня. Линии связи между прямоугольниками указывают отношения подчиненности (иногда при горизонтальных связях соподчиненности) звеньев организационной структуры, которые функционируют в условиях действия АСУТП данного ТООУ.

В качестве примера в пособии на схеме 12.Сх1 приведена схема организационной структуры (совмещенной со схемой функциональной структуры) перевалочной комбинированной нефтебазы.

Краткая характеристика технологического процесса комбинированной нефтебазы (далее н/б) приводится в качестве пояснения оргструктуры н/б.

Нефтепродукты поступают на н/б для временного хранения, накопления и отгрузки на речной транспорт двумя путями:

- по железной дороге в вагоноцистернах;
- по ответвлению от магистрального нефтепродуктопровода (по магистральному трубопроводу – МТ).

Технологический объект разделяется на ряд подобъектов, которые указаны в нижних прямоугольниках:

- магистральный трубопровод;
- железная дорога;
- нефтебаза;
- пирс речного порта;
- танкер.

Следует отметить, что перечисленные выше объекты относятся к различным предприятиям, осуществляющим транспортировку нефтепродуктов. Однако АСУТП тем или иным образом объединяет операции по приему, хранению и отгрузке нефтепродуктов, операции по учету перегружаемых нефтепродуктов.

В следующих за нижними прямоугольниками указываются технологические участки и узлы.

МТ входит в АСУТП узлом учета (УУ); железная дорога – станцией отстоя груженных и порожних вагоноцистern; пирс – причалом, используемым представленной нефтебазой; танкер, фрахтуемый грузопоставщиком для перевозки нефтепродуктов в порт назначения, – танками (резервуарами судна для транспортировки жидких грузов).

Собственно товарный цех н/б подразделяются на:

- ж/д эстакаду для слива нефтепродуктов из вагоноцистern;
- внутриплощадочные технологические трубопроводы;
- резервуары наземные для временного хранения нефтепродуктов;
- насосные станции технологические, работающие при сливе нефтепродуктов из цистерн, наливке танкеров и внутриплощадочных перекачках.

(На схеме 12.Сх1 показана условно одна насосная станция).

Выше на поле чертежа расположены по организационным уровням прямоугольники со структурными звеньями.

На нижнем организационном уровне размещены прямоугольники, с указанием должностных лиц, непосредственно оперативно-функционирующих на технологических участках и узлах, на которых в нашем примере присутствуют технологические действия, не имеющие автоматизированного контроля и управления, т. е. ручные действия.

К этим должностным лицам относятся:

- на УУ – механик УУ;
- на станции отстоя – составитель из локомотивной бригады;
- на ж/д эстакаде – бригада сливщиков;
- в насосной станции – машинист (обслуживает насосы устаревших модификаций, не имеющих необходимого дистанционного контроля за заливом насоса, вибрацией, температурой подшипников и т. д.);

– на причале – шланговщики, работающие со стендерами и шлангами и др.

Следующий организационный уровень образует оператор УУ, оператор-технолог, бригадир пирса.

Более высокий уровень – это уровень старшего оператора-технолога товарного цеха н/б.

На ответственных участках организационной схемы указаны руководители смен на соответствующих участках разных предприятий: сменный старший мастер товарного цеха, диспетчер смены пирса, старший помощник капитана танкера по погрузке.

Далее приведены два организационных уровня, каждый из которых замыкается на ответственного руководителя участка (цеха, станции отстоя, узла учета, пирса, капитана танкера) и на ответственного сменного должностного лица каждого предприятия по круглосуточной работе транспортной линии (диспетчеры).

Одновременно на всех уровнях функционируют должностные лица, ответственные за товарный и коммерческий учет нефтепродуктов (товарный оператор, инспектор, лаборант, старшие товарные операторы).

Оперативная работа, связывающая целый ряд должностных лиц, отражена на схеме сплошными линиями, пунктирными линиями указаны направления передачи данных (информации) по товарному учету, в том числе данных лабораторного анализа технологических проб, взятых из вагоноцистерн, резервуаров хранения и танков танкера.

Остальные строки в прямоугольниках, относящихся к структурным звеньям схемы 12.Сх1, заполнены конкретными условными обозначениями технических средств, функциональных групп и функций АСУТП.

В пособии не приводится описание указанных на схеме примененных средств и осуществляемых функций АСУТП.

12.3. СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ (С2)

Функциональная схема (по ГОСТ 2.701-84) – схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях АСУТП или в системе в целом. Схема служит документом для изучения принципов работы АСУТП и отдельных цепей, а также при монтаже, наладке, эксплуатации и ремонте технических средств и системы в целом.

Содержание данного вида документа должно соответствовать требованиям ГОСТ 24.210-82 и РД 50-34.698-90, п. 2.3.

Документ С2 содержит:

«1) элементы функциональной структуры АС (подсистемы АС); автоматизированные функции и (или) задачи (комплексы задач); совокупности действий (опера-

ций), выполняемых при реализации автоматизированных функций только техническими средствами (автоматически) или только человеком;

2) информационные связи между элементами и с внешней средой с кратким указанием содержания сообщений и (или) сигналов, передаваемых по связям, и при необходимости, связи других типов (входимости, подчинения и т. д.);

3) детализированные схемы частей функциональной структуры (при необходимости)».

В зависимости от степени детализации описания АСУТП элементами функциональной структуры на схеме могут быть (п. 2.3.1 ГОСТ 24.210-82):

- подсистемы АСУТП;
- автоматизированные функции и (или) задачи;
- совокупности действий (операций), выполняемых при реализации автоматизированных функций только техническими средствами (автоматически) или только человеком.

При включении «Схемы функциональной структуры» в документ «Описание автоматизированных функций» (код документа ПЗ по ГОСТ 34.201-89) ее помещают в разделе «Характеристика функциональной структуры» в виде чертежа.

При необходимости, кроме функциональной структуры АСУТП в целом разрабатывают детализированные схемы частей функциональной структуры (п. 2.3.3 ГОСТ 24.210-82). Детализированные схемы функциональной структуры, по существу, представляют собой функциональные электрические (пневматические, гидравлические, совмещенные) схемы.

Функциональные электрические и другие схемы в соответствии с ГОСТ 21.408-93 СПДС «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов», а также п. 2.4 ГОСТ 24.302-80 имеют конкретное наименование «схема автоматизации» (код документа СЗ по ГОСТ 34.201-89).

В дальнейшем в пособии с целью разделения видов схем и их идентификации применяется наименование «схема автоматизации», а не «функциональная электрическая схема» или «функциональная схема системы автоматизации».

Функциональные задачи «полевой части» АСУТП решаются в общем случае с помощью ряда технических средств и устройств, которые составляют функциональные контуры измерения, контроля, регулирования и управления.

По п. 4.3.2 ГОСТ 21.408-93 **функциональный контур автоматизации** — совокупность отдельных функционально связанных приборов, выполняющих определенную задачу по контролю, регулированию, сигнализации, управлению и т. п.

Функциональный контур автоматизации содержит следующие компоненты:

- отборное устройство, включая закладную конструкцию;
- средства получения первичной информации;
- средства преобразования и переработки информации;
- средства передачи информации;
- средства представления информации оперативному персоналу;
- средства выдачи командной, управляющей информации;
- средства управления технологических органов регулирования и отключения;
- комплектные устройства;
- вспомогательные устройства.

Функциональный контур автоматизации в так называемой «приборной» АСУТП («АСУТП без применения программируемых средств вычислительной техники

(т. е. без разработки МО и ПО)» по разделу 3.4 главы 3 «пособия») и в системе автоматизации технологического процесса имеет в основном индивидуальные цепи измерения, контроля и управления. Объединение цепей контроля производится на вторичных показывающих, регистрирующих и регулирующих приборах. Функциональный контур автоматизации приведен на схеме 12.Сх4.

В современных АСУТП предусмотрены индивидуальные функциональные контуры автоматизации от отборных устройств и средств получения, первичного преобразования, переработки информации до устройств (модулей, блоков) ввода информации вычислительной техники ВТ и от устройств вывода информации ВТ до исполнительных органов.

Остальные компоненты преобразования, переработки, передачи, представления оператору информации, а также компоненты выдачи командной информации представляют собой общий программируемый комплекс технических средств для нескольких функциональных контуров автоматизации.

На наш взгляд, изложенное условное разделение компонентов функциональных контуров автоматизации на ряд индивидуальных и общие компоненты лежит в основе разделения схем автоматизации на собственно «схему автоматизации» (С3) и на схему «комплекса технических средств» (С1) АСУТП.

Таким образом, основная (или общая) схема функциональной структуры С2 дополняется и конкретизируется двумя схемами – схемой комплекса технических средств С1 (микроконтроллерный уровень и более высокие уровни АСУТП) и схемой автоматизации С3 (нижний или «полевой» уровень АСУТП). Естественно, для небольших по объему информации АСУТП возможно объединение схем С1 и С3 в одну схему, обозначение которой (С1 или С3) устанавливает разработчик системы. Возможно также объединение всех трех схем в одну схему функциональной структуры С2. Понятие «уровень» пояснено в главе 1 (раздел 1.5).

Разделение схем подтвердим ссылкой на нормативный документ. Требования к схеме автоматизации С3 приведены в п. 4.1 РД 50-34.698-90:

«4.1.1 Схема автоматизации содержит:

- 1) упрощенное изображение объекта или его части, для которой составлена схема;
- 2) средства технического обеспечения, участвующие в процессе, отображенном на схеме, за исключением вспомогательных устройств и аппаратуры (источники питания, реле, магнитные пускатели);
- 3) функциональные связи между средствами технического обеспечения;
- 4) внешние функциональные связи средств технического обеспечения с другими техническими средствами;
- 5) таблицу примененных в схеме условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами».

«4.9.1. Документ содержит состав комплекса технических средств и связи между этими техническими средствами или группами технических средств, объединенными по каким-либо логическим признакам (например, совместному выполнению отдельных или нескольких функций, одинаковому назначению и т. д.).

4.9.2. При выполнении схем допускается:

- 1) указывать основные характеристики технических средств;
- 2) представлять структуру КТС АС (при необходимости) несколькими схемами, первой из которых является укрупненная схема КТС АС в целом».

12.4. СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ (СЗ)

Схема автоматизации при разработке АСУТП является своеобразной объединенной функциональной схемой технологического объекта управления, охватывающей так называемое «полевое оборудование» нижнего уровня системы и показывающей его связи с приборами, средствами управляющей вычислительной техники и пунктами контроля и управления более высокого уровня.

Схема автоматизации выполняется с учетом требований раздела 2 ГОСТ 2.702-75* ЕСКД, п. 2.4 ГОСТ 24.302-80, раздела 4.1 РД 50-34.698-90 и раздела 4.3 ГОСТ 21.408-93 СПДС.

Схема автоматизации разрабатывается в целом на технологический объект управления ТОУ АСУТП или на отдельную инженерную систему (электроснабжение, теплоснабжение, вентиляция и т. п.) или часть технологической/инженерной системы, процесса и операции: линию, участок, блок, установку, агрегат. Термины «технологический объект управления», «процесс» и «операция» определены в главе 2.

Схема автоматизации разрабатывается на основании исходных материалов по созданию АСУТП и в первую очередь материалов технологического регламента или отдельных документов, включаемых в «технологический регламент» (см. раздел 5.14, глава 5).

Наилучшим вариантом схемы автоматизации ТОУ является схема, совмещенная со схемой соединений, которая выполняется в составе основного комплекта марки ТХ по ГОСТ 21.401-88 СПДС или со схемами соединений инженерных систем.

Выполнение совмещенной схемы допускается п. 3.3 ГОСТ 21.404-88 «Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам».

В зарубежной практике применяется разработка PID схем (Process Instrument Diagram). Разработка совмещенной схемы специалистами по технологической части (ТХ, ОБ, ВК, ЭМ и др.) совместно со специалистами по разработке АСУТП (в том числе низового, «полевого» уровня) дает наиболее эффективные решения в обеих частях проекта (например, ТХ и АТХ).

Так как подобная схема выпускается за двумя подписями (ТХ и АТХ), то любое изменение в части ТХ автоматически становится достоянием разработчиков АТХ, что снимает многие конфликтные ситуации, возникающие при раздельном выпуске документов – отдельно схем соединений ТХ (ОБ, ВК и др.) и отдельно схем автоматизации АТХ.

Схема автоматизации (СЗ) при разработке ее отдельно от выпуска схемы соединений ТХ (ОБ, ВК и др.) должна быть **согласована** с соответствующими специалистами технологической (сантехнической, отопления и вентиляции и др.) части проекта.

Совмещенная схема автоматизации с технологической схемой соединений выполняется, как правило, упрощенным способом (см. 12.4.4.1).

Следует учесть, что в схеме соединений (ТХ, ОБ, ВК) согласно п. 3.2 ГОСТ 21.401-88 должны быть указаны «...трубопроводы и их элементы» со всеми буквенно-цифровыми обозначениями.

Приведем пояснения некоторых терминов, используемых в указанном стандарте по приложению 1.

Технологический блок — комплекс или сборочная единица технологического оборудования заданного уровня заводской готовности и производственной технологичности, предназначенные для осуществления основных или вспомогательных технологических процессов. В состав блока включают машины, аппараты, первичные средства контроля и управления, трубопроводы, опорные и обслуживающие конструкции, тепловую изоляцию и химическую защиту. Блоки, как правило, формируют для осуществления теплообменных, массообменных, гидродинамических, химических и биологических процессов. Номенклатура блоков устанавливается ведомственными нормативными документами, согласованными с министерствами, осуществляющими монтажные работы.

Технологический трубопровод — трубопровод, предназначенный для транспортирования различных веществ, необходимых для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

Элементы трубопровода — патрубки (трубы), отводы, переходы, тройники, фланцы, компенсаторы, отключающая, регулирующая, предохранительная арматура, опоры, прокладки и крепежные изделия, устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, конденсационные и другие детали и устройства.

Устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, называются как элементы трубопровода на схеме соединений или совмещенной схеме.

Буквенно-цифровые обозначения наносятся на полках линий-выносок и соответствуют номеру чертежа элемента.

Элемент (закладной элемент) — это деталь или сборочная единица, неразрывно встраиваемая в технологические аппараты и трубопроводы (бобышка, штуцер, карман, гильза и т. п.).

Подобный элемент в соответствии со СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации» называется **закладной конструкцией** или **закладным элементом**.

Закладная конструкция или закладной элемент должен обеспечивать необходимую герметичность технологического оборудования и трубопровода до установки на них прибора автоматизации. Это позволяет проводить гидравлические и пневматические испытания оборудования и трубопроводов до установки приборов автоматизации, до начала монтажно-наладочных работ систем автоматизации и АСУТП.

Отборное устройство — устройство, устанавливаемое на технологическом оборудовании или трубопроводе и предназначенное для подвода измеряемой среды к измерительным приборам или измерительным преобразователям (датчикам).

Заметим, что согласно п. 2.12 СНиП 3.05.07-85 закладные элементы или конструкции для монтажа первичных приборов, для установки отборных устройств давления, расхода и уровня и др. (заканчивающиеся запорной арматурой), индивидуальные приборы-расходомеры, расходомеры-датчики, регулирующие и запорные органы, обводные линии (байпасы), материалы для изготовления закладных элементов (конструкций) предусматриваются и осмечиваются в технологической части проекта (ТХ, ОВ, ВК).

12.4.1. Обозначение места установки полевых СА

Важно, чтобы уже во время разработки и согласования схемы автоматизации были однозначно определены границы проектирования между частями проекта (ТХ, ОВ, ВК — с одной стороны, и АТХ — с другой). Граница обеспечит возможность про-

ектировщикам различных специальностей выполнять свойственную им работу по разработке проектных документов (как говорится: «каждому свое» или «кесарю — кесарево»).

ГОСТ 21.401-88, ГОСТ 21.408-93, СНиП 3.05.07-85, излагают требования к разделению документации, поставке на объект оборудования, трубопроводов и материалов, проведению на объекте строительно-монтажных работ. Следует отметить, что указанные нормативные документы недостаточно четко излагают требования.

Более четко разделение работ, технических средств и учет их в рабочей документации приведено в техническом циркуляре Главмонтажавтоматика Минмонтажспецстроя СССР № 28-6-1/И19 от 5 июля 1988 года.

Приложение к циркуляру повторено в главе 20. Укажем, что в технологической рабочей документации (ТХ, ВК, ОВ), в том числе спецификации, смете должны быть предусмотрены:

- первичные измерительные приборы без дистанционной передачи (объемные и скоростные счетчики, ротамеры и т. п.);

- регулирующие и запорные органы, имеющие различные исполнительные механизмы (электрические, гидравлические, пневматические и др.), клапаны безопасности, регуляторы прямого действия, регулирующие заслонки;

- обводные (байпасные) линии;

- **закладные устройства для монтажа первичных измерительных приборов (бобышки, расширители, закладные оправы, штуцера для отборных устройств, защитные карманы и гильзы, патрубки с ответными фланцами и т. п. — по заданию проектировщиков АТХ, выбирающих первичные измерительные приборы;**

- **трубопроводная аппаратура и материалы, необходимые для монтажа встроенных в технологическое оборудование первичных измерительных приборов (различного вида уровнемеры), в том числе направляющих, защитных и отводных устройств — по заданию проектировщиков АТХ, выбирающих первичные измерительные приборы.**

К общим данным по рабочим чертежам АТХ (п. 4.2.2 ГОСТ 21.408-93) прилагается «перечень закладных конструкций, первичных приборов (размещаемых на технологическом, санитарно-техническом и другом оборудовании и коммуникациях)». Форма «перечня» приведена на рисунке 12.Р1.

«Перечень» составляется с использованием данных схемы автоматизации:

- позиционное обозначение СА;

- наименование параметра рабочей среды (температура, давление, уровень и т. д.);

- место установки и требование к размещению прибора (вертикальный, горизонтальный трубопровод, доступность обслуживания прибора, укрытие от воздействия влаги, дождя, солнечной радиации и т. д.).

В то же время существуют бесконтактные средства контроля и измерения, конструктивно несвязанные с технологическим оборудованием, для которых не нужны закладные конструкции или элементы, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы.

На схеме автоматизации подобное разделение, на наш взгляд, следует отобразить графически.

Все местные, первичные приборы по п.п. 4.3.6.1 и 4.3.6.2 ГОСТ 21.408-93 подразделяются на приборы, конструктивно связанные с технологическим оборудова-

нием (трубопроводом) и конструктивно не связанные с технологическим оборудованием.

Приборы, конструктивно связанные с технологическим оборудованием, в свою очередь, разделяются на приборы, встраиваемые в оборудование (трубопроводы), и приборы, устанавливаемые на технологическом оборудовании (с помощью закладных устройств).

Приборы, встраиваемые в технологические коммуникации по п. 4.3.6.1 ГОСТ, показывают в разрыве линий изображения коммуникаций; приборы, устанавливаемые на технологическом оборудовании с помощью закладных или отборных устройств, показываются рядом. Приборы имеют изображение – кружок диаметром 10 мм или овал высотой 10 мм.

ГОСТ 21.408-93 не предлагает графическое изображение прибора, конструктивно не связанного с технологическим оборудованием или трубопроводом.

Пособие предлагает графически разделять все 3 конструктивных вида связи первичных приборов с технологическим оборудованием или трубопроводами по таблице 12.Т1.

Не меняя общей схемы изображения «полевых», местных приборов, «пособие» предлагает разделить изображение места установки прибора от изображения собственно прибора (схема 12.Сх3б). Закладные, в том числе сужающие, и отборные устройства указываются на поле схемы автоматизации, непосредственно составляя элементы схемы соединений технологического оборудования и трубопроводов по ГОСТ 21.401-88.

Указанные элементы схемы соединений предусматривают в рабочей документации специалисты-технологи (в том числе по заданиям проектировщика АСУТП).

Закладное и сужающее устройство для встраивания прибора в технологическую коммуникацию указывается кружком диаметром 10 мм в разрыве коммуникации. Прибор может иметь или не иметь дистанционную передачу результата измерения или контроля.

Закладное устройство и установка прибора показывается связкой кружка диаметром 2 мм, который касается линии изображения коммуникации, и кружка диаметром 10 мм.

Отборное устройство (устройство для подвода измеряемой среды к прибору, т. е. устройство, которое тем или иным способом отделяет часть измеряемой среды для ее направления к прибору) изображается кружком диаметром 2 мм в разрыве технологической коммуникации и связанным рядом с ним кружком диаметром 10 мм.

Место установки прибора, который конструктивно не связан с технологическим оборудованием или трубопроводом (например, бесконтактный выключатель уровня или расходомер накладного типа), графически обозначается линией связи, соприкасающейся под прямым углом с линией коммуникации или линией изображения аппарата.

Идентификация каждого элемента (закладного или отборного) осуществляется по правилам, которые изложены в 12.4.3. При этом дополнительная буква М в буквенном обозначении в верхней части кружка 10 мм означает закладную конструкцию, а дополнительная буква Р – отборное устройство. Цифра в нижней части кружка соответствует номеру прибора по спецификации АСУТП или номеру функционального контура.

Предлагаемое изображение наглядно показывает конструктивные особенности использования прибора.

Одновременно предлагаемые графические изображения (круги диаметром 10 мм или 2 мм) указывают на следующее:

- проектировщик-технолог обязан в месте размещения полевого СА предусмотреть на схеме соединений элемент трубопровода и осметить его изготовление и монтаж;
- проектировщик АСУТП (АТХ) обязан подготовить и передать проектировщику-технологу задание на закладное или отборное устройство для установки первичного измерительного устройства.

Однако некоторые первичные приборы, которые предусматривает проектировщик-технолог, что отмечено в распределении работ, не требует от проектировщика АСУТП выдачи задания на закладное или отборное устройство.

Графическое изображение закладного элемента линией связи соединяется либо с графическим обозначением функционального контура, которое располагается на поле схемы в непосредственной близости от графического обозначения закладного или отборного элемента, либо с графическим обозначением первичного измерительного прибора данного контура, которое изображается внизу схемы в прямоугольнике с заголовком «приборы местные» (раздел 12.4.4.).

Исполнительные органы, встраиваемые в технологические коммуникации, показывают в разрыве линий изображения коммуникаций. Исполнительный механизм, которым приводят в действие исполнительный орган, изображается в соответствии с ГОСТ 21.404–85 кружком диаметром 5 мм, связанным с изображением исполнительного органа прямой линией длиной 10 мм; на этой линии указывают вид воздействия на орган (таблица 12.Т1).

Напомним, что закладные элементы или конструкции для монтажа первичных приборов, для установки отборных устройств давления, расхода и уровня (заканчивающиеся запорной арматурой), индивидуальные приборы-расходомеры, расходомеры-датчики, регулирующие и запорные органы, обводные линии (байпасы), материалы для изготовления закладных элементов (конструкций) предусматриваются и осмечиваются в технологической части проекта (ТХ, ОВ, ВК).

Поэтому важно уже при разработке схемы автоматизации определить места контроля, измерения и регулирования, для которых по заданию разработчика АСУТП (см. главу 20) специалисты-технологи должны запроектировать (выполнить чертеж и осметить) установку закладных конструкций или элементов.

Прибор встраиваемый потребует разработки или применения ранее разработанного (типового, повторно применяемого и т. п.) чертежа.

Прибор устанавливаемый потребует разработать новый или использовать имеющийся чертеж закладной конструкции или элемента.

Прибор, конструктивно не связанный с оборудованием, необходимо крепить к оборудованию или трубопроводу без внесения в них конструктивных изменений.

Таким образом, схема автоматизации позволит:

- подготовить «задание на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах» (подробно об этом изложено в главе 20);
- учесть конструктивные изменения технологического оборудования и трубопроводов при разработке технологических схем соединений ТХ (ОВ, ВК и др.);
- выполнить схему расположения оборудования АСУТП и внешних проводов С7;
- подготовить «задание на выбор КТС системы»;
- подготовить «задание на алгоритмическое и программное обеспечение АСУТП».

12.4.2. Графические обозначения

Графические обозначения на функциональных схемах соответствуют приведенным в ГОСТ 21.404-85 и ГОСТ 24.303-80.

Указанные НТД, к сожалению, не учитывают некоторые требования, которые сегодня предъявляются к технологическим объектам управления и АСУ технологическими процессами на этих объектах.

Повышенные требования касаются в первую очередь опасных производственных объектов, на которых промышленная безопасность регламентируется Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с последующими изменениями).

Во-вторых, указанные НТД не рассматривают требований, предъявляемых к системам противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) технологических процессов.

В-третьих, указанные НТД недостаточно приспособлены к применению в проектной документации современных средств автоматизации (СА) с их высокой интеллектуализацией и средств вычислительной техники (СВТ), в том числе распределенных средств ВТ, а также применению полевых информационных и управляющих сетей.

Графические обозначения СА и СВТ на функциональных схемах по ГОСТ 21.404-85 и ISO 3511 приведены в таблице 12.Т2.

Графические обозначения технических средств по ГОСТ 24.303-80 приведены в таблице 12.Т3 и не требуют пояснений.

В дополнение к ГОСТу, упомянутому выше, *предлагается четко разделить обозначение средств автоматизации (СА) и средств вычислительной техники (СВТ), которые будут использованы либо в автоматизированной системе управления, либо в системе противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ). Обозначения средств для обеих систем (АСУТП и ПАЗ) однотипны, но в обозначениях для системы ПАЗ в верхней части основного обозначения добавляется прямоугольник размерами 10 (длина) x 4 (высота) мм с надписью внутри него «ПАЗ» шрифтом высотой 2,5 мм. Обозначения приведены в таблице 12.Т2а.*

Подробнее остановимся на обозначениях, приведенных в этой таблице. Средства автоматизации могут быть обычного типа или интеллектуального типа. Предлагается на функциональной схеме различать типы СА.

Базовые обозначения средств таковы:

СА обычного типа обозначается кругом диаметром 10 мм или овалом высотой 10 мм.

Интеллектуальное СА имеет обозначение: круг, помещенный в квадрат со стороной 10 мм, или овал в прямоугольнике, в котором высота равна 10 мм, а ширина имеет размер больший размера высоты.

СВТ предлагается обозначать правильным шестиугольником высотой 10 мм или вытянутым шестиугольником также высотой 10 мм и необходимой длины горизонтальных сторон.

Далее обозначения СА и СВТ следует различать по месту расположения средств.

СА и СВТ, которые размещаются по месту в непосредственной близости от места отбора, имеют базовое обозначение; оно описано выше. СА и СВТ, которые размещаются на местном щите, установленном, как правило, в производственном технологическом

помещении, реже в наружных установках, имеют базовое обозначение, разделенное двумя горизонтальными линиями на две части.

Отметим, что к этим средствам и местным щитам предъявляются высокие требования по факторам воздействий (поэтому две разделительных линии).

СА и СВТ, размещаемые на щите, пульте в специализированных помещениях с различными климатическими условиями, имеют базовое обозначение, разделенное горизонтальной линией или диаметром на две части.

Предлагаемое обозначение места размещения (одна, две горизонтальные линии, отсутствие разделительной линии в символе средства) соответствует ISO 3511.

Исполнительный механизм имеет обозначение по ГОСТ 21.404-85 кружком диаметром 5 мм и 10-миллиметровым отрезком, на котором условно указывается поведение исполнительного устройства при исчезновении вспомогательной энергии или управляющего/регулирующего сигнала (открывает или закрывает орган, оставляет его в неизменном положении).

Предлагается в указанные базовые обозначения (таблица 12. Т2А) при применении интеллектуальных механизмов внести дополнение: кружок поместить в квадрат со стороной 5 мм.

Базовое обозначение контура автоматизации, который применяется при упрощенном способе выполнения функциональных схем: окружность диаметром 10 мм или овал высотой 10 мм, разделенные горизонтальной чертой (п. 4.3.7.2 ГОСТ 21.408-93).

Предлагается данное базовое обозначение функционального контура автоматизации использовать в случае применения в контуре приборов обычного типа; при применении интеллектуальных приборов базовое обозначение заключается в квадрат или прямоугольник с высотой 10 мм; при применении в контуре средств вычислительной техники базовое обозначение заключается в шестиугольник высотой 10 мм (таблица 12.Т2Б).

12.4.3. Буквенные обозначения

Основные буквенные обозначения предназначены для обозначения:

- измеряемых величин и исполнительных органов (группа 1);
- функциональных признаков контуров контроля и управления (приборов) – использование информации (группа 2).

Буквенные обозначения указываются в верхней части графического обозначения средства автоматизации или функционального использования информации (таблицы 12.Т1, 12Т.2, 12.Т2а, 12.Т2б). Буквенные обозначения приведены в таблице 12.Т4, которая соответствует таблице 2 ГОСТ 21.404-85, а также стандарту ISO 3511/2.

Все буквенные обозначения разделены на две группы:

- группа 1 включает обозначения измеряемой физической величины;
- группа 2 поясняет обозначение функционального признака СА или контура, признак указывает на отображение информации, формирование выходного сигнала или другие функции.

Первая буква обозначения согласно таблице соответствует измеряемой величине.

Вторая буква может быть либо дополнительной буквой из группы 1, либо буквой, несущей функциональный признак.

Последующие буквы отражают только функциональные показатели средства измеряемой величины (группа 2). В качестве дополнительных букв из группы 1 используются только 4 буквы:

- D (разность);
- F (отношение);
- J (обегание, опрос);
- Q (интегрирование, суммирование).

Эти буквы не используются в качестве последующих букв в группе 2 буквенных обозначений.

В соответствии с таблицей задается последовательность буквенных обозначений.

Например: PDIRC

первая буква	— P (давление);
дополнительная буква	— D (разность, дифференциал);
1 последующая буква	— I (индикация, показание);
2 последующая буква	— R (регистрация, запись);
3 последующая буква	— C (управление, регулирование).

Расположение букв в обозначении функций средств автоматизации, т. е. в группе 2, должно быть в последовательности I, R, C, S, A, далее порядок букв может быть различным.

Поясним некоторые буквенные обозначения в группе 2.

R: функция «регистрация» является общей функцией запоминания, вне зависимости от вида запоминания.

A: буква A означает любую сигнальную функцию, независимо от расположения и вида сигнального элемента (лампы, светодиода, звонка и т. п.).

S: буква S означает наличие контактного устройства, предназначенного для включения, отключения, переключения, блокировки.

Если контактное устройство предназначено и для сигнализации и для функций управления (включения и др.), то необходимо применить две буквы: S и A.

H: буквенное обозначение любого отдельного устройства ручного действия начинается с буквы H.

Если буквенных обозначений, указанных в таблице, недостаточно, то дополнительные обозначения, символы или данные могут приводиться справа вне обозначения изображения. Такое наиболее характерно для дополнения обозначений E, Q, R и U. При этом желательно использовать стандартные символные обозначения (H, L, pH, H₂SO₄, O₂, U = f(F, P), E/E, E/P и т. п.).

Использование резервных букв таблицы требует пояснения на схеме.

В таблице 12.Т5 приведены типовые буквенные сочетания основных обозначений.

В некоторых случаях требуется пояснение операций, выполняемых вычислительным устройством (ВУ), связи ВУ с «полевым» оборудованием, вида формы и рода энергии передаваемого сигнала. С этой целью используются дополнительные буквенные обозначения для преобразователей сигналов, вычислительных устройств по ГОСТ 21.404-85, таблица 2; рекомендуемые обозначения приведены в таблице 12.Т6.

При проектировании конкретной АСУТП рекомендуется в состав проекта включать перечень или таблицу с буквенными обозначениями, применяемыми в данном проекте.

12.4.4. Способы выполнения схемы

Схемы автоматизации выполняются двумя способами:

— упрощенным, при котором не указываются отдельные технические средства автоматизации, но условно изображается состав функций контуров контроля и управления;

— развернутым, при котором изображается состав комплекса технических средств каждого контура контроля и управления.

Развернутый способ рекомендуется для небольших по объему автоматизации объектов и несложных технологических процессов.

При обоих способах выполнения схемы необходимо изображение технологического процесса путем применения технологической схемы соединений как при совместной схеме автоматизации, так и при самостоятельной разработке схемы автоматизации.

При самостоятельной разработке схемы автоматизации СЗ в проектной документации АСУТП на поле чертежа изображают технологическое и инженерное оборудование и коммуникации в соответствии со схемой соединений марки ТХ, ОВ, ВК и т. п. Допускается упрощенное изображение технологического оборудования и коммуникаций без показа того оборудования, коммуникаций и их элементов, которые не оснащаются средствами автоматизации и не влияют на работоспособность АСУТП.

Отсутствие схемы соединений ТХ предполагает использование для изображения технологического оборудования стандартов: ГОСТ 2.780-96, ГОСТ 2.782-96, ГОСТ 2.788-74 ÷ ГОСТ 2.795-80.

Коммуникации в зависимости от транспортируемых сред изображаются по приложению 3 ГОСТ 14202-69.

Трубопроводная запорная арматура изображается по ГОСТ 2.285-94.

Технологическое оборудование допускается не изображать на схеме в случаях, когда точки контроля и управления в технологических цехах немногочисленны (например, в рабочей документации по диспетчеризации). В этом случае в верхней части схемы вместо изображения технологического оборудования приводят таблицу, в графах которой указывают наименование оборудования и коммуникаций (п. 4.3.6.6 ГОСТ 21.408-93).

Таблица технологического оборудования на схеме

Вход в цех гидрогенизации	
Исходный продукт	Азот

Необходимо отметить особенность выполнения схемы автоматизации при применении в АСУТП средств вычислительной техники и первичных преобразователей интеллектуального типа.

Полевые средства автоматизации (глава 18, схема 18.Сх4) органично физическим образом должны быть связаны со входными/выходными элементами устройств связи с объектом ВТ или вторичных приборных средств. Связь может быть организована с использованием цепей измерения, контроля, управления или регулирования по-

тенциального вида или с использованием промышленной сети (HART, ASI, Profibus DP, FF, Devicenet и т. д.). Вид связи для передачи информации влияет на выбор полевых средств автоматизации, вторичных приборов и средств вычислительной техники. Как правило, выбор полевых СА и средств ВТ производят проектировщики разных специальностей; проектировщики полевой части АСУТП готовят для проектировщиков КТС АСУТП «ведомость входных сигналов» (В1) и «ведомость выходных сигналов» (В2). На основании этих ведомостей с учетом ряда требований по производительности, надежности, точности и т. д. проектировщик КТС АСУТП осуществляет выбор УСО. Однако на практике ведомости как вторичный проектный документ к схеме автоматизации составляют позднее, в сроки, которые не всегда удовлетворяют запросы проектировщиков КТС АСУТП. Поэтому *предлагается на основном документе для проектирования — схеме автоматизации указывать количество и виды каналов связи полевых средств со средствами ВТ.*

Условные буквенные и цифровые обозначения входных и выходных сигналов для вторичных приборов и средств вычислительной техники приведены в таблице 12.Т8.

Конкретное положение буквенно-цифрового обозначения на схеме автоматизации зависит от способа выполнения схемы и освещается в разделах 12.4.4.1. и 12.4.4.2.

12.4.4.1. Упрощенный способ

По ГОСТ 21.408-93, п. 4.3.7 схема автоматизации оформляется следующим образом.

В верхней части схемы изображается схема технологического процесса, как указано выше (12.4.4).

В нижней части схемы приводится таблица контуров автоматизации (12.Т7).

Полевое средство автоматизации имеет графическое обозначение по 12.4.2 и таблице 12.Т1.

Контуров контроля и управления, одиночные приборы наносят рядом с изображением технологического оборудования и коммуникаций (или в их разрыве) по схеме 12.Сх2.

Контур вне зависимости от количества входящих в него элементов изображают в виде окружности (овала), разделенного горизонтальной чертой на две части. В верхней части контура записывают буквенное обозначение, определяющее измеряемый (регулируемый и т. п.) параметр, и далее функции, выполняемые данным контуром. В нижней части контура указывают его номер.

Около графического изображения контура (справа от изображения) указывают предельные рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин. Возможно, указанные значения помещать в строке «значение параметра» таблицы контуров автоматизации.

Состав контура должен быть приведен на:

- принципиальной электрической/пневматической схеме контроля, регулирования и управления (СБ);
- схеме соединений внешних проводок (СЧ);

– структурной схеме контура, которая разрабатывается специально для конкретного контура по аналогии со схемой автоматизации, выполняемой развернутым способом по 12.4.4.2.

Кроме того, около графического изображения контура можно дополнительно отметить связь с ЭВМ дополнительным буквенным обозначением V_i , V_o по ГОСТ 21.404-85.

Изображения измерительного контура в схеме автоматического регулирования или управления соединяют пунктирной линией с изображением исполнительного механизма, а последнее соединяют с изображением регулирующего или запорного исполнительного органа на технологической коммуникации.

Напоминаем, что указанное соединение изображений контура и исполнительного устройства **обязательно для систем противоаварийной защиты (ПАЗ)**. На линии связи около изображения контура в этом случае рекомендуется указать время $t_{аз}$ срабатывания системы противоаварийной защиты.

При этом номер контура соответствует цифровому обозначению оборудования АСУТП по спецификации без буквенного обозначения элементов, входящих в контур.

При большом количестве контуров применяется обозначение, в котором первый знак соответствует условному обозначению измеряемой/управляемой величины, а номер контура в пределах этой величины указывается последующими цифрами (1, 2...).

В таблице контуров 12.Т7 приводятся строки, в которых (сверху вниз) указывают:

- номер контура;
- номер листа или чертежа, на котором изображена схема контура измерения (регулирования);
- значение параметра (при необходимости);
- вид связи со средствами ВТ (при необходимости).

«Методическое пособие» предлагает иначе оформлять схему автоматизации, выполняемую упрощенным способом, с учетом современных средств автоматизации, распределенных средств вычислительной техники.

Предложение учитывает также ранее приведенные буквенные и графические обозначения на схемах автоматизации. Контуров контроля и управления наносят рядом с изображением технологического оборудования и коммуникаций по схеме 12. Сх2а. Контур связан короткой линией, желательно длиной не более 10 мм, с изображением по таблице 12.Т1:

- закладной конструкции в технологическую коммуникацию или оборудование;
- отборного устройства, устанавливаемого на технологическом оборудовании или трубопроводе;
- места предполагаемой установки конструктивно независимого прибора (первичного измерительного средства автоматизации) на технологической коммуникации.

Контур функциональный графически имеет обозначение по таблице 12. Т2б, которое различно при использовании приборов обычного типа, приборов интеллектуального типа, средств вычислительной техники.

Также графическое обозначение должно указывать на принадлежность функционального контура к системе противоаварийной защиты (ПАЗ) или к обычной АСУТП.

Буквенно-цифровые обозначения внутри контура записываются по ГОСТ 21.408-93, как это изложено выше.

Предельные рабочие значения измеряемых/регулируемых величин указывают справа от графического изображения контура или в таблице функциональных контуров.

Ниже приведенной величины указывают:

- виды связи сигналов со средствами вычислительной техники ВТ (при применении ВТ) в соответствии с условными буквенными обозначениями по таблице 12.Т8;
- условное обозначение средства ВТ по схеме комплекса технических средств (С1) и спецификации оборудования (В4 или СП1).

Примеры обозначения связи с ВТ: Аi2 ПЛК1; Аi4 ПЛК4; ДИ ПЛК2.

Вместо указания около графического обозначения контура можно указать виды сигналов связи с ВТ в нижней строке таблицы контуров (таблица 12.Т7). Таблица контуров видна на схеме 12.Сх2а.

Указание в таблице более удобно при значительном числе измерений в технологическом процессе объекта управления. Изображение измерительного контура при наличии в схеме автоматического регулирования, блокировки или управления соединяют пунктирной линией связи с изображением исполнительного устройства, что **обязательно для системы ПАЗ.**

На линии связи около изображения контура рекомендуется указать время $t_{аз}$ срабатывания системы ПАЗ.

Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом приведен на схеме 12.Схб. В примере изображена часть схемы АСУТП участка железнодорожной сливоналивной эстакады для темных нефтепродуктов с насосной станцией и теплообменником. СА применены обычного типа с передачей сигнала на один ПЛК.

12.4.4.2. Развернутый способ

При развернутом способе выполнения схемы автоматизации на поле чертежа изображается каждый функциональный контур в наборе средств автоматизации с указанием места их расположения.

Технологическая схема процесса изображается в верхней части схемы автоматизации, как это указано в начале подраздела 12.4.4.

В нижней части схемы располагают прямоугольники, в которых условными графическими обозначениями указываются средства автоматизации и вычислительной техники функционального контура автоматизации.

По ГОСТ 21.408-93, п. 4.3.6 схема автоматизации разрабатывается таким образом, как изложено ниже.

В разрыве линий изображения технологических коммуникаций показываются встраиваемые в технологические коммуникации средства автоматизации (по ГОСТу – приборы), например, диафрагма и дифманометр для измерения расхода, вихревой расходомер, счетчик расхода жидкости и т. п. (п.п. 3 и 4 таблицы 12.Т1).

Рядом с изображением технологического оборудования и коммуникаций показываются средства автоматизации, устанавливаемые на оборудовании и коммуникациях с помощью закладных или отборных устройств (п.п. 5 и 6 таблицы 12.Т1) или без конструктивного вмешательства (п. 7 таблицы 12.Т1).

В нижней части схемы располагают прямоугольники, в которых условными графическими обозначениями указываются средства автоматизации.

Верхний прямоугольник с заголовком «приборы местные» предназначен для показа в нем внешитовых приборов, конструктивно не связанных с технологическим оборудованием.

Ниже располагаются прямоугольники, в которых показаны щиты, пульта, комплексы технических средств; каждый прямоугольник имеет в левой части соответствующий заголовок. Заголовки должны соответствовать записям в спецификации оборудования или наименованиям щитовых изделий по чертежам общих видов щитов, пультов.

На схеме автоматизации буквенно-цифровые обозначения средств автоматизации указывают в нижней части графического обозначения или с правой стороны от него, обозначения электроаппаратов — справа от их условного графического обозначения.

При этом обозначения технических средств присваивают по спецификации оборудования и составляют из цифрового обозначения соответствующего контура и буквенного обозначения (прописными буквами русского алфавита) каждого элемента, входящего в контур (в зависимости от последовательности прохождения сигнала).

При большом количестве приборов допускается применять обозначения, в которых первый знак соответствует условному обозначению измеряемой величины, последующие знаки — порядковому номеру контура в пределах измеряемой величины.

Электроаппараты, входящие в систему автоматизации (звонки, сирены, сигнальные лампы, табло, электродвигатели и др.), показывают на схеме графическими условными обозначениями по ГОСТ 2.772-68*, ГОСТ 2.732-68*, ГОСТ 2.741-68* с буквенно-цифровым обозначением по ГОСТ 2.710-81*.

Линии связи допускается изображать с разрывом при большой протяженности и/или при сложном их расположении. Места разрывов линий связи нумеруют арабскими цифрами в порядке их расположения в прямоугольнике с заголовком «приборы местные».

Допускается пересечение линий с изображениями технологического оборудования.

Пересечение линий связи с обозначениями приборов не допускается.

На линиях связи указывают предельные (максимальные или минимальные) рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин по ГОСТ 8.417-2002 или в единицах шкалы выбираемого прибора. Для обозначения разрежения (вакуума) ставят «минус». Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование и не имеющих линий связи с другими приборами, предельные значения величин указывают рядом с обозначением приборов.

Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом по ГОСТ 21.408-93 приведен на схеме 12.Сх3.

«Методическое пособие», учитывая применение в АСУТП современных интеллектуальных средств автоматизации полевого уровня и средств вычислительной техники, предлагает внести соответствующие дополнения и изменения при выполнении схемы автоматизации (12.Сх3а).

Кроме того, в схеме автоматизации предлагается дополнительно указывать принадлежность средств автоматизации и вычислительной техники к системе противоаварийной защиты (ПАЗ).

Приведем ссылку на правила ПБ 09-540-03, в которых изложены требования к ПАЗ: системы противоаварийной защиты (ПАЗ) маркируются с нанесением соответствующих надписей, четко отражающих их функциональное назначение, величины уставок защиты, критические значения контролируемых параметров.

Также предложение учитывает рациональное разделение проектных, строительных и монтажных работ между различными частями комплексного проекта (ТХ, ВК, ОК и другие – с одной стороны, и АТХ, АВК, АОК и другие – с другой стороны).

Поэтому на схеме автоматизации предполагается четко указать необходимость применения закладных или отборных устройств, проектирование и монтаж которых должны осуществляться по технологической рабочей документации (схема элементная технологическая, спецификация материалов, арматуры и оборудования, смета).

Предлагается в разрыве или рядом с линией изображения технологической коммуникации или оборудования указывать закладное или отборное устройство по п.п. 4а, 5а, 6а таблицы 12.Т1.

Буквенное обозначение закладного устройства приводится в верхней части окружности буквой М группы 2 после первой буквы, которая соответствует измеряемой величине.

Вторая буква Р, несущая функциональный признак отборного устройства, также располагается после буквы, обозначающей измеряемую величину.

Например: ТМ, РДР, РМ, QР и т. п. из таблицы 12.Т5.

Далее линия связи (сплошная или с разрывом) соединяет между собой:

– изображение встраиваемого устройства или места установки СА пристраиваемого и конструктивно несвязанного с технологической коммуникацией или оборудованием;

– изображение полевого первичного измерительного преобразователя.

Изображение последнего помещается соответственно в верхний прямоугольник «приборы местные». Ниже располагаются прямоугольники, в которых показаны щиты, пульты, комплексы технических средств.

Дальнейшее изображение в приборном варианте не отличаются от описанного выше изображения по ГОСТ 21.408-93.

На схеме 12.Сх3б приводится сравнение обозначений функциональных контуров контроля и управления развернутым способом по ГОСТ 21.408-93 и предлагаемых пособием. На схеме не приведены обозначения СА в системе ПАЗ.

Вместе с тем комплексное устройство вычислительной техники имеет специфичное графическое и буквенное обозначение. Ряд функций контура реализуются в одном устройстве ВТ; это устройство должно иметь буквенное обозначение всех выполняемых им функций и обозначение входов и выходов, которые обеспечивают прием и выдачу измерительных, контрольных, светозвуковых, управляющих и регулирующих сигналов.

Предлагается два варианта графического изображения функционального контура с использованием средств ВТ.

Вариант 1 (схема 12.Сх3б). Контур с использованием средств ВТ изображается в виде правильного шестиугольника или вытянутого шестиугольника, которое помещает-

ся в соответствующий прямоугольник. К горизонтальным граням шестиугольника подходят линии связи полевых устройств (первичный измерительный преобразователь или исполнительное устройство), вторичных приборов, сигнальных устройств (лампочка, звонок и т. п.), промышленных сетей.

В верхней части изображения ВТ указывают измеряемый параметр (первая буква) и функции, которые выполняет ВТ для данного функционального контура автоматизации. Такое буквенное обозначение в общем случае во многом соответствует буквенному обозначению контура автоматизации при выполнении схемы автоматизации упрощенным способом.

Вариант 2 (схема 12.Сх3г).

В последние годы многие организации в проектных документах на различных стадиях проектирования, чаще всего при разработке частных технических условий ЧТУ на поставку системы, дополнили, модернизировали изображение комплектного устройства ВТ по ГОСТ 21.408-93.

В прямоугольнике с указанием средств ВТ приводятся четыре функциональные группы:

- обработка информации (интеграция, суммирование – Q, преобразование, вычисление – Y, обобщение – U);
- представление информации (показание – I; регистрация – R; сигнализация – A);
- воздействующая информация (регулирование – C; блокировка – S; управление – B);
- трансляция информации – T.

На пересечении вертикальной линии связи полевого устройства с соответствующей функциональной горизонтальной линией изображается кружок:

- черного цвета диаметром 1 мм;
- светлый диаметром 2 мм с указанием ввода/вывода информационного/управляющего сигнала (Ai, Di, Ao, Do).

Рядом с буквенным обозначением предлагается указывать цифровое обозначение сигналов по таблице 12.Т8. Линия связи, соответствующая полевой сети, изображается двойной линией с указанием вида сети (HART и др.). Выполнение схемы автоматизации по предлагаемому варианту 2 наглядно представляет количество и вид сигналов ввода/вывода, а также функциональные требования каждого сигнала ввода/вывода.

На линии связи можно указывать также направление действия сигнала.

Обозначение ПАЗ изображается на пересечении соответствующей функциональной линии с линией связи слева от последней.

Таким образом, буквенное обозначение функций средства ВТ, которые по варианту 1 помещаются в символ шестиугольника, в данном варианте 2 приводится один раз в левой части нижнего прямоугольника, соответствующего средству ВТ.

Схема 12.Сх3в приводит примеры изображения, соответствующие вышеизложенному описанию, когда в функциональном контуре элементы ВТ изображаются в виде шестиугольников с набором буквенно-цифровых обозначений. Этот вариант (вариант 1) требует буквенных обозначений функций, выполняемых контуром, для каждого элемента устройства ввода/вывода и буквенно-цифрового обозначения видов сигналов по таблице 12.Т8.

Справа от линии связи около обозначения сигналов по таблице 12.Т8 рекомендуется использовать буквенно-цифровое обозначение, состоящее из двух частей – буквенной и цифровой. Ai указывает на аналоговый входной сигнал, Ao – на аналоговый выходной сигнал, Di – на дискретный входной сигнал, Do – на дискретный выходной сигнал.

Во второй части: цифры соответствуют значению сигнала или градуировке преобразователя, что ясно видно в таблице 12.Т8.

Входной/выходной сигнал полевой сети может содержать краткое обозначение полевой сети, о чем необходимо указать на поле чертежа.

12.5. СХЕМА КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (С1)

Схема структурная комплекса технических средств С1 по ГОСТ 24.302-80, как изложено в разделе 12.1, охватывает все уровни АСУТП, кроме нижнего, «полевого» уровня, который отображается схемой автоматизации С3. Вполне естественно, что схема С1 не может разрабатываться без учета входных и выходных сигналов «полевого» уровня.

На схеме 12.Сх5 приведен пример схемы комплекса технических средств АСУТП слива нефтепродуктов на железнодорожной эстакаде.

В нижней части схемы помещается прямоугольник с наименованием подбъектов («наименование объекта») технологического объекта управления, имеющих информационные связи с комплексом технических средств (КТС) АСУТП. Выше размещается ряд прямоугольников с наименованием отдельных технологических устройств, сооружений, аппаратов («наименование устройств»). Обозначение технологического оборудования (устройств, сооружений, аппаратов, коммуникаций) должно соответствовать обозначениям на схеме соединений марки ТХ, ОВ, ВК и др. и таким же обозначениям на схеме автоматизации С3.

На стадии рабочего проектирования в этих прямоугольниках приводятся буквенно-цифровые обозначения технологических устройств, первичных датчиков, исполнительных механизмов, командных и сигнальных аппаратов и т. п. Обозначения технических средств должны соответствовать обозначениям средств по схеме автоматизации С3 АСУТП.

На предшествующих проектных стадиях невозможна детализация обозначений средств автоматизации, поэтому допустимо в «наименовании устройств» не приводить их буквенно-цифровые обозначения.

Выше ряда прямоугольников с наименованием и обозначением технологического оборудования и «полевых» средств автоматизации размещаются горизонтальные строки с соответствующим указанием количества видов сигналов для технологического объекта или средства автоматизации.

Строки располагают последовательно снизу вверх для сигналов:

Do – выходной дискретный сигнал (сигнал управления);

Di – входной дискретный сигнал (сигнал контроля);

Ao – выходной аналоговый сигнал;

Ai – входной аналоговый сигнал.

В строке «полевая сеть» указывается вид сети, которая связывает полевое средство со средством вычислительной техники (HART, ASI, PROFIBUS DP, FF и др.).

При подключении СА к полевой сети в строках «количество сигналов» указывается число сигналов по их видам (A_i , A_o , D_i , D_o) с заключением числа сигналов в скобки.

На первых стадиях проектирования вид и количество сигналов в строках являются основными исходными данными для определения общего числа каналов ввода/вывода информации микропроцессорной техники и ее группировки по конкретным вычислительным средствам.

Виды, количество и распределение сигналов с указанием их обозначения на стадии рабочего проектирования служат одним из исходных материалов для разработки алгоритмического, программного обеспечения на базе выбранного комплекса технических средств АСУТП.

Количество сигналов по видам A_i , A_o , D_i , D_o должны **полностью соответствовать** количеству сигналов, приведенных на схемах автоматизации.

Линиями связи со стрелками, указывающими направление потока информационного сигнала, строки «вид сигнала» соединяют с условным графическим обозначением средств сбора/выдачи сигналов (в частности, со средствами микроконтроллерной техники или комплектным устройством ввода/вывода информации).

С изображения средств ввода/вывода информации, по существу, начинается схема комплекса технических средств АСУТП.

Выше с помощью условных графических обозначений изображаются все средства приема, преобразования, переработки, передачи, представления информации и средства управления на различных уровнях АСУТП (местный пост контроля и управления, рабочее место оператора-технолога, инженерная станция, станция диспетчера, станция администратора сети, станция руководителя ТОО и др.).

Обозначения технических средств АСУТП следует применять по ГОСТ 24.303-80. В таблице 12.ТЗ приведены графические изображения устройств АСУТП, предлагаемые указанным ГОСТ.

Как видно из наименований устройств в ГОСТе отсутствуют изображения средств вычислительной техники, которые широко применяются в практике АСУТП (программируемый контроллер, персональный компьютер, рабочее место оператора и др.).

Пунктом 1.3 ГОСТ 24.303-80 допускается использовать символы, отсутствующие как в данном ГОСТе, так и в других нормативных документах. При этом необходимо на поле схемы приводить расшифровку обозначений устройств, использованных в комплексе технических средств.

12.6. ОБОЗНАЧЕНИЕ МЕСТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Использование входной контрольной и измерительной информации, а также формирование выходной управляющей, регулирующей и сигнальной информации возможно в следующих вариантах:

1. С применением средств автоматизации, установленных по месту.
2. В операторских, диспетчерских помещениях или в наружных установках с использованием щитов и пультов для размещения средств автоматизации – приборный вариант.

3. В операторских, диспетчерских помещениях или наружных установках с применением средств вычислительной техники – вариант АСУТП.

В варианте 1 возможно использование также местных пультов и щитов контроля и управления, в том числе комплектной поставки. Вариант 1 на схеме автоматизации отображается символом без разделения горизонтальной чертой. Местный щит с оборудованием имеет обозначение с двумя горизонтальными линиями.

В приборном варианте 2 обозначение делится по диаметру горизонтальной линией. Таким образом обозначается размещение прибора/средства автоматизации на щите, как правило, установленном в специальном помещении.

В варианте 3 графическое обозначение прибора/средства автоматизации также разделяется горизонтальной линией на две части. Рядом с щитом приводится буквенное обозначение вида связи сигнала средства автоматизации со средствами ВТ (Аi, Аo, Di, Do, полевая сеть – HART, Profibus DP, Interbus, AS1 и т. п.).

При упрощенном способе выполнения схемы также указывается обозначение средства ВТ, с которым связано данное средство автоматизации, о чем указано в разделе 12.4.4.

При развернутом способе выполнения схемы автоматизации средства автоматизации/приборы указываются в соответствующих прямоугольниках нижней части схемы.

12.7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМЕРАМ И ТОЛЩИНАМ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ЛИНИЙ

12.7.1. Графические обозначения

Графические обозначения по ГОСТ 21.404–85, ГОСТ 21.408–93 и ISO 3511 и рекомендуемые пособием обозначения приведены в таблицах 12.Т1, 12.Т2 и 12.Т2а.

В таблицах и по тексту подразделов 12.4.1, 12.4.2 указываются размеры графических обозначений.

Размеры приборов и функциональных контуров в основе имеют высоту или диаметр в 10 мм, длина может быть увеличена при необходимости с тем, чтобы получился овал, прямоугольник или вытянутый шестиугольник, для того чтобы поместить в нем буквенно-цифровые обозначения.

Графическое обозначение принадлежности к противоаварийной защите имеет вид прямоугольника высотой 5 мм и длиной 10 мм. Внутри прямоугольника помещено буквенное обозначение ПАЗ, высота букв – 2,5 мм.

Исполнительный механизм имеет обозначение в виде окружности диаметром 5 мм и линией связи с обозначением запорного или регулирующего органа длиной 10 мм. Две поперечные черты (при их оформлении) линии «исполнительный механизм – исполнительный орган» делят отрезок в 10 мм в отношении 4:2:4.

Место установки закладного или отборного устройства отмечается кружком, имеющим диаметр 2 мм.

Размеры условных графических обозначений технических устройств по ГОСТ 24.303–80 для схемы комплекса технических средств приведены в условных соотношениях и указаны в таблице 12.Т3. Предположительно, размер a равен 10 мм, а раз-

мер e – 15 мм. Однако возможно использовать иные размеры, но в пределах одного чертежа (или проекта) размер должен быть неизменен, а пропорции выдержаны в соответствии с указанным в таблице размерами.

Толщина различных линий на схемах автоматизации соответствует рекомендациям ГОСТ 2.701-84 и приведена в таблице 12.Т9 с указанием предположительного диапазона толщины.

12.7.2. Буквенно-цифровые обозначения

Буквенно-цифровое обозначение имеет разную высоту буквы или цифры для обозначения различных наименований, что приведено в таблице 12.Т10.

12.8. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

12.8.1. Общие требования

В подразделах 12.4.1, 12.4.2, 12.4.4, 12.4.4.1 и 12.4.4.2 изложены предложения, которые, по мнению автора пособия, следует применять при выполнении схемы автоматизации (СЗ). Эти предложения учитывают:

- разработки международных организаций в части графических символов и сокращенных буквенно-цифровых обозначений в технике управления процессами, в том числе с использованием микропроцессорной техники;

- рациональное разделение проектных, строительных, монтажных работ между частями комплексного проекта (ТХ, ВК, ОВ и других и АТХ, АВК, АОВ и других), которое четко и однозначно определяет границы проектных работ по частям комплексного проекта технологического объекта; последнее позволяет организовать проектные работы силами специалистов-технологов или конструкторов технологического оборудования по элементам (закладным и отборным устройствам, сужающим устройствам и др.), тем или иным образом, непосредственно затрагивающим технологическое оборудование и трубопроводы;

- необходимость четко указывать и маркировать в проектной документации элементы, входящие в систему противоаварийной защиты для потенциально-опасных производственных объектов по Федеральному закону от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями);

- широкое распространение в последние годы интеллектуальных средств автоматизации и средств автоматизации, которые используют бесконтактные методы измерения и контроля технологических физических величин;

- повсеместное использование в АСУТП микропроцессорной и микроконтроллерной техники, средств распределенного ввода/вывода данных и управления;

- постоянное развитие и появление новых промышленных сетей, каналов и линий связи.

Отмеченные курсивом в тексте пособия предложения не являются стандартизированными и одобренными техническим сообществом, о чем следует указывать при применении их в разрабатываемых проектных материалах.

С целью более полного пояснения предложений приводятся несколько условных примеров обозначения функциональных контуров контроля и управления развернутым способом (схемы 12.СхЗв) с кратким описанием их функционирования. Поэтому не следует искать в приведенных примерах соответствие с конкретными функционирующими контурами и средствами автоматизации и вычислительной техники, промышленными сетями, интерфейсами и протоколами сети.

12.8.2. Краткое описание примеров обозначения функциональных контуров

Примеры: обозначения функциональных контуров контроля и управления развернутым способом приведены на схеме 12.СхЗв.

Примеры охватывают несколько условных позиций, которые присвоены контурам. Также условно приняты обозначения программируемых логических контроллеров, щитов (предполагается щитов операторов), автоматизированных рабочих мест (оператора).

Интеллектуальные средства автоматизации и средства вычислительной техники в примерах имеют входы/выходы промышленных сетей, которые указаны условно и в практическом плане не отражены на схеме комплекса технических средств (С1), приведенной в пособии.

Схема автоматизации в целом и каждый функциональный контур в составе схемы являются результатом делового сотрудничества и творческих усилий специалистов по технологической части (ТХ, ВК, ОВ и др.) и специалистов по созданию/проектированию АСУТП объекта управления.

Каждая из сторон обоюдного процесса имеет определенные обязанности и права. В общем случае они таковы.

Технолог-проектировщик или Заказчик обязан:

- на технологической схеме указать материал и диаметр трубопровода, на котором предлагается установка измерителя, рабочая среда в трубопроводе, ее температура и давление, наличие отводных и поворотных элементов, запорно-регулирующих органов на трубопроводе;
- однозначно определить и согласовать на схеме автоматизации:
 - место измерения или контроля параметра;
 - значение измеряемого или контролируемого параметра, указываемого на линии связи перед (выше) прямоугольника «приборы по месту»;
 - функции контура автоматизации;
 - места и вид использования информации, сигналов, управляющих воздействий;
 - вид и место установки исполнительного органа и исполнительного механизма управления;
 - место размещения закладного устройства на трубопроводе или оборудовании;
 - особые требования по типу и месту расположения средств автоматизации.
- имея в своем распоряжении копию согласованной схемы автоматизации (или совмещенную схему) с графическим подтверждением необходимости применения

закладного и отборного устройства, разрабатывать схему соединений (технологическую схему) с учетом согласованных решений.

Технолог-проектировщик или заказчик имеет право:

- запросить в случае задержки получения от специалистов по АСУТП необходимые данные для установки соответствующих устройств;
- выйти с предложением к специалистам АСУТП об изменении в случае необходимости ранее согласованных решений.

Проектировщик технического обеспечения АСУТП обязан:

- определить и согласовать с проектировщиком-технологом или заказчиком и отразить на схеме автоматизации данные:
 - место измерения или контроля параметра;
 - значение измеряемого или контролируемого параметра, указываемого на линии связи перед (выше) прямоугольника «приборы по месту»;
 - функции контура автоматизации;
 - места и вид использования информации, сигналов, управляющих воздействий;
 - вид и место установки исполнительного органа и исполнительного механизма управления;
 - место размещения закладного устройства на трубопроводе или оборудовании;
 - особые требования по типу и месту расположения средств автоматизации.
- указать на схеме автоматизации:
 - средства отбора информации, ее преобразования, обработки и использования;
 - места установки средств автоматизации и вычислительной техники;
 - функции, выполняемые средствами автоматизации и вычислительной техники;
 - позиционное обозначение средств автоматизации и вычислительной техники по спецификации АСУТП;
 - параметры носителей информации;
 - виды полевых промышленных сетей, согласованные с разработчиком АСУТП;
 - тип, вид и количество входных/выходных каналов средств вычислительной техники и средства автоматизации.

Проектировщик технического обеспечения АСУТП имеет право:

- в случае необходимости выйти с предложением к технологу-проектировщику об изменении согласованных ранее решений;
- запросить у технолога-проектировщика необходимые уточняющие материалы по исходным данным для проектирования АСУТП;
- согласовать с разработчиком системы тип полевой сети в случае ее применения, тип и виды входных/выходных устройств контроллеров и других выносных и распределенных средств вычислительной микропроцессорной техники.

Ниже приведено описание примеров обозначения функциональных контуров, графическая интерпретация которых помещена на листах схемы 12.Сх3в.

Пример — позиция 7.

Прямолинейный участок технологического трубопровода как элемент закладного устройства (ЗУ) расходомера указан графическим обозначением встраиваемого прибора с буквенным обозначением FM и позицией 7 для идентификации ЗУ с технологической частью проекта.

В прямоугольнике «приборы по месту» под последовательными номерами 7а и 7б, которые соответствуют номерам по спецификации приборов и средств автоматизации, графически обозначены чувствительный элемент (диафрагма) FE и дифманометр с дистанционной передачей FT. Далее линией связи FT связан с микроконтроллером в прямоугольнике с названием ПЛК1, в котором графически изображен вытянутый шестиугольник, соответствующий функциям, выполняемым ПЛК1 для функционального контура измерения расхода. Измерительный канал от FT со значением 4–20 мА подключен к ПЛК1 на вход AI2 и далее транслируется (функция T) через аналоговый выход AO2 на вторичный показывающий прибор FI, имеющий позиционное обозначение 7в, на щит 1. Функция управления (C) реализуется путем воздействия на исполнительное устройство 7г, связанное с исполнительным органом V7. Для функции C микроконтроллер должен иметь два выхода DO на 220 В переменного тока, питание от внутреннего источника ПЛК1. Крайние положения исполнительного органа контролируются через два дискретных ввода на 24 В постоянного тока (DI). Через два дискретных выхода DO1 напряжение постоянного тока подает сигнал на соответствующие сигнальные лампы HF1 и HF2, расположенные на щите 1. Таким образом реализуется функция А – «сигнализация».

Микроконтроллер ПЛК1 производит интегрирование по времени расхода жидкости (функция Q) и по сети ETHERNET передает данные в информационную систему. В ту же систему может передаваться и другая информация по требованиям исходных материалов на создание АСУТП. Вместе с тем эти требования не должны усложнять схему автоматизации, предназначенную в первую очередь для организации оперативной работы технологического процесса на объекте управления. Все дополнительные требования находят реализацию в общесистемных решениях.

Пример — позиция 12.

Оперативный работник для местного контроля около трубопровода должен иметь постоянное показание температуры теплоносителя. Показание (I) обеспечивается прибором по месту П1У.

Оператор на щите 1 (условно обеспечивающим подачу теплоносителя) и оператор на щите 2 (условно обеспечивающим потребление теплоносителя) должны иметь текущие показания температуры теплоносителя и сигналы о достижении запорно-регулирующим органом крайних или предельных положений (данные отражаются на щитах – показание П1 и сигнализация НТ1 и НТ2).

Руководителю смены технологического объекта по конкретному физическому параметру должна быть организована передача информации (Y) по температуре теплоносителя: R – регистрация мгновенной температуры, А – сигнализация предельных положений регулирующей задвижки; возможность управления (C) и блокирования (S) подачи теплоносителя.

Указанные данные в нашем случае передаются по шине Modbus+ в соответствии со схемой КТС.

Управляющие и блокирующие сигналы обрабатываются контроллером ПЛК1 и воздействуют на исполнительный механизм и исполнительный орган V.

Пример – позиция 19.

По заданию технологов необходимо обеспечить местные показания плотности пульпы и регистрацию (запись) плотности пульпы на щите 2.

По заданию проектировщика АСУТП в части ТХ проекта предусматривается отборное устройство для подключения плотномера (ДР).

На местном щите плотномера пульпы скомпонован датчик плотности (ДЕ) и показывающий прибор с дистанционной передачей (DiT). На щите 2 для оператора предусматривается вторичный записывающий прибор (DR).

Связь между DiT и DR организуется с использованием токовой петли 0–5 мА (Ai1).

Пример – позиция 21.

Заданием на проектирование АСУТП требуется измерить плотность пульпы и организовать регистрацию значений плотности пульпы на верхнем уровне АСУТП.

Проектировщик АСУТП организует выполнение указанного требования с использованием промышленной сети Foundation Fieldbus (FF) и объектовой сети ETHERNET (E).

Установленный на отборном устройстве первичный измеритель плотности с вычислительным преобразователем (DY) включен как узел в сегмент сети FF и подключен ко входу контроллера позиция 21 К, который имеет выход в общеобъектовую сеть, поддерживающую протокол ETHERNET с передачей данных на верхний уровень АСУТП по схеме КТС.

Пример – позиция 22.

Оператору на щите 1 необходимо обеспечить показание и регистрацию плотности пульпы в трубопроводе и сигнализацию предельных значений плотности.

Требование реализовано с помощью плотномера DY на отборном устройстве ДР (22), сети ETHERNET и автоматизированного рабочего места АРМ 1, установленного на щите 1.

Пример – позиция 23.

На автоматизированном рабочем месте АРМ2/2 осуществляется показание, регистрация и суммирование объемного расхода щелочи на агрегат X.

Первичный сенсор FET (23) установлен снаружи трубопровода щелочи, расходомер щелочи FIRQY установлен на местном щите и имеет выход в промышленную сеть PROFIBUS DP (DP).

Сеть DP подключена на вход АРМ2/2 на щите 2. К этой сети подключены другие узлы сети по схеме КТС.

Пример – позиция 31.

Оператору щита 2 необходимо знание текущей температуры раствора в трубопроводе и хода ее изменения во времени.

Кроме того, измерение температуры следует транслировать в информационную систему предприятия.

Позиция 31 на схеме автоматизации отражает эти требования исходных данных. Закладное устройство ТМ предназначено для установки датчика температуры ТЕ.

Измеренное значение температуры передается на вторичный показывающий (I) и записывающий (R) прибор, установленный на щите 2.

Транслятор вторичного прибора (Т) имеет выход на сеть RS-485, которая является составной частью схемы КТС.

Пример – позиция 32.

В системе противоаварийной защиты (ПАЗ) должна быть предусмотрена подача охлаждающей жидкости на поверхность трубопровода при повышении температуры в нем.

Кроме того, должна иметься возможность переключения на дистанционное включение/выключение подачи охлаждающей жидкости.

Система ПАЗ должна обеспечить подачу хладагента через 3–4 секунды после получения сигнала.

Функциональный контур схемы автоматизации показывает прохождение измерительных и управляющих сигналов по предложенному алгоритму и основные физические требования к контуру защиты.

Закладное устройство ТМ/32 для установки малоинерционного первичного преобразователя ТЕ (позиция 32а) проектируется в технологической части проекта по заданию специалистов по проектированию АСУТП, который выбрал преобразователь сопротивления с чувствительным элементом и передачей сигнала ТЕТ (позиция 32а).

Четырехпроводная схема соединений подключена ко вторичному прибору-регулятору микропроцессорному (позиция 32к). Микропроцессорный регулятор программируемый с высокой точностью измеряет и регулирует температуру (1 °С), сигнализирует верхнее и нижнее предельное отклонение регулируемой температуры от программируемого задания, позволяет дистанционно (от регулятора) управлять исполнительным механизмом с безударным переключением режимов (дистанционно или автоматически).

Прибор имеет выход на 48 В постоянного тока для подключения усилителя мощности ТС (позиция 32б). Усилитель мощности имеет выходной сигнал дискретного типа на 220 В переменного тока для включения реверсивного двигателя исполнительного механизма.

Все позиции данного контура входят в систему противоаварийной защиты, имеют необходимую надежность и быстродействие в пределах до 4 с.

Микропроцессорный регулятор имеет интерфейсный выход RS232C для связи с верхним уровнем АСУТП по схеме КТС.

Проектировщик-технолог или заказчик согласовывают контур в системе ПАЗ и показатели физических величин, а также возможность индикации текущей температуры и отклонения ее от заданных величин на щите 1.

Пример – позиция 41.

Функциональный контур обеспечивает действие противоаварийной защиты (ПАЗ), что отражено специальным обозначением.

Кроме действия ПАЗ контур должен обеспечить выполнение требований: показание, регистрация температуры на АРМ1 и коллективном табло, а также сигнализации о срабатывании системы ПАЗ при повышении температуры выше указанного значения.

Первичный преобразователь температуры ТЕ с головкой ТТ, установленный в закладном устройстве ТМ (41) на трубопроводе по четырехпроводной схеме, переда-

ет информационный сигнал на вход АИТС программируемого логического контроллера, который запрограммирован на выполнение в течение менее 1 с защитной блокировки (S) с выходом на запорный орган V41 (DO на напряжение 24 В постоянно-го тока). Запорный орган перекрывает подачу горячей жидкости при блокирующем сигнале и при прекращении питания запорного механизма.

Одновременно ПЛК1 преобразует сигнал от первичного измерительного преобразователя в промышленную сеть PROFIBUS FMS для передачи необходимой информации в АРМ1 и контроллер табло коллективного пользования Т (IRA).

Пример – позиция 42.

Требование к АСУТП: автоматизированное рабочее место АРМ1 должно предоставить оператору возможность определять мгновенный расход реагента в трубопроводе подачи на агрегат У, наблюдать историю изменения расхода (запись), иметь суммарный расход реагента, получать сигнал прекращения подачи реагента.

Показание мгновенного и суммарного расхода реагента и сигнал достижения минимального расхода реагента необходимо вывести на табло коллективного пользования.

Реализация требований: сужающее закладное устройство FM(42), диафрагма FE (как элемент-сенсор) и прибор перепада давления (FY) с HART-преобразователем, HART-модуль программируемого контроллера ПЛК2, выход ПЛК2 на промышленную сеть PROFIBUS FMS, входы Р (FMS) сети в АРМ 1 и контроллер коллективного табло.

Промышленная сеть функционального контура указывается двойной линией.

Пример – позиция 43.

Требования к АСУТП: оператору, обслуживающему автоматизированное рабочее место АРМ1, и специалистам, которые работают с табло коллективного пользования Т, необходимо предоставить информацию о текущей плотности продукта в трубопроводе и запись изменения плотности за последнюю рабочую смену.

Реализация требований к АСУТП:

Отборное устройство ДР передает часть продукта на измерительный преобразователь плотности ДТ, с которого соответствующая информация по токовой петле 4–20 мА поступает на вход ПЛК1 (вход AI2); с ПЛК1 информация по промышленной сети PROFIBUS FMS передается на микроконтроллер автоматизированного рабочего места АРМ1 и контроллер коллективного табло Т, на которых индицируется текущее значение плотности продукта и высвечивается диаграмма изменения плотности за текущее время рабочей смены.

12.9. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 2.285-94	Условное изображение трубопроводной запорной арматуры
ГОСТ 2.701-84*	Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702-75*	Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.710-81*	Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах
ГОСТ 2.722-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические
ГОСТ 2.732-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света
ГОСТ 2.741-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические
ГОСТ 2.780-68	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей
ГОСТ 2.782-68	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические
ГОСТ 2.785-70	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная
ГОСТ 2.788-74	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты выпарные
ГОСТ 2.789-74	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты теплообменные
ГОСТ 2.790-74	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты колонные
ГОСТ 2.791-74	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Отстойники и фильтры
ГОСТ 2.792-74	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты сушильные

ГОСТ 2.793-79	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. Общие обозначения
ГОСТ 2.794-79	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Устройства питающие и дозирующие
ГОСТ 2.795-80	Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Центрифуги
ГОСТ 8.417-2002	ГСИ. Единицы величин
ГОСТ 19.101-77	Единая система программной документации. Виды программ и программных документов
ГОСТ 19.404-79	Единая система программной документации. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению
ГОСТ 19.505-79	Единая система программной документации. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению
ГОСТ 21.401-88	СПДС. Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам
ГОСТ 21.404-85	Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах
ГОСТ 21.408-93	Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
ГОСТ 24.104-85	Единая система автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования
ГОСТ 24.210-82	Требования к содержанию документов по функциональной части
ГОСТ 24.302-80	Общие требования к выполнению схем
ГОСТ 24.303-80	Система технической документации на АСУ. Обозначения условные графических технических средств
ГОСТ 34.201-89	Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем
ГОСТ 34.602-89	Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы

ГОСТ 14202-69	Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки
РД 50-34.698-90	Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы, требования к содержанию документов
РД 50-680-88	Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации
ISO 3511/1	Process measurement control functions and instrumentation – Symbolic representation – Basic requirements
ISO 3511/2	Process measurement control functions and instrumentation – Symbolic representation – Extension of basic requirements
ISO 3511/4	Industrial process measurement control functions and instrumentation – Symbolic representation – Basic symbols for process computer, interface and shared display/control functions
ПБ 09-540-03	Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств

12.10. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Закладной элемент	12.2
Закладная конструкция	12.2
Развернутый способ выполнения схем автоматизации	12.2
Схема автоматизации	12.2
Технологический блок	12.2
Технологический трубопровод	12.2
Упрощенный способ выполнения схем автоматизации	12.2
Функциональный контур автоматизации	12.1
Элементы трубопровода	12.2

Перечень закладных конструкций и первичных приборов

ТАБЛИЦА ТХ. Перечень закладных конструкций и первичных приборов							XXXXXX-АТХ.ЗД ТХ
Место установки	Измеряемый, регулируемый параметр среды	№ поз. по СО	Прибор или регулирующий орган		Закладная конструкция		Примечание
№ чертежа технологического оборудования, трубопровода		Колич. шт	Наименование или тип	Чертеж установки	Наименование или тип	Чертеж установки	
50	25	15	35	35	35	35	20

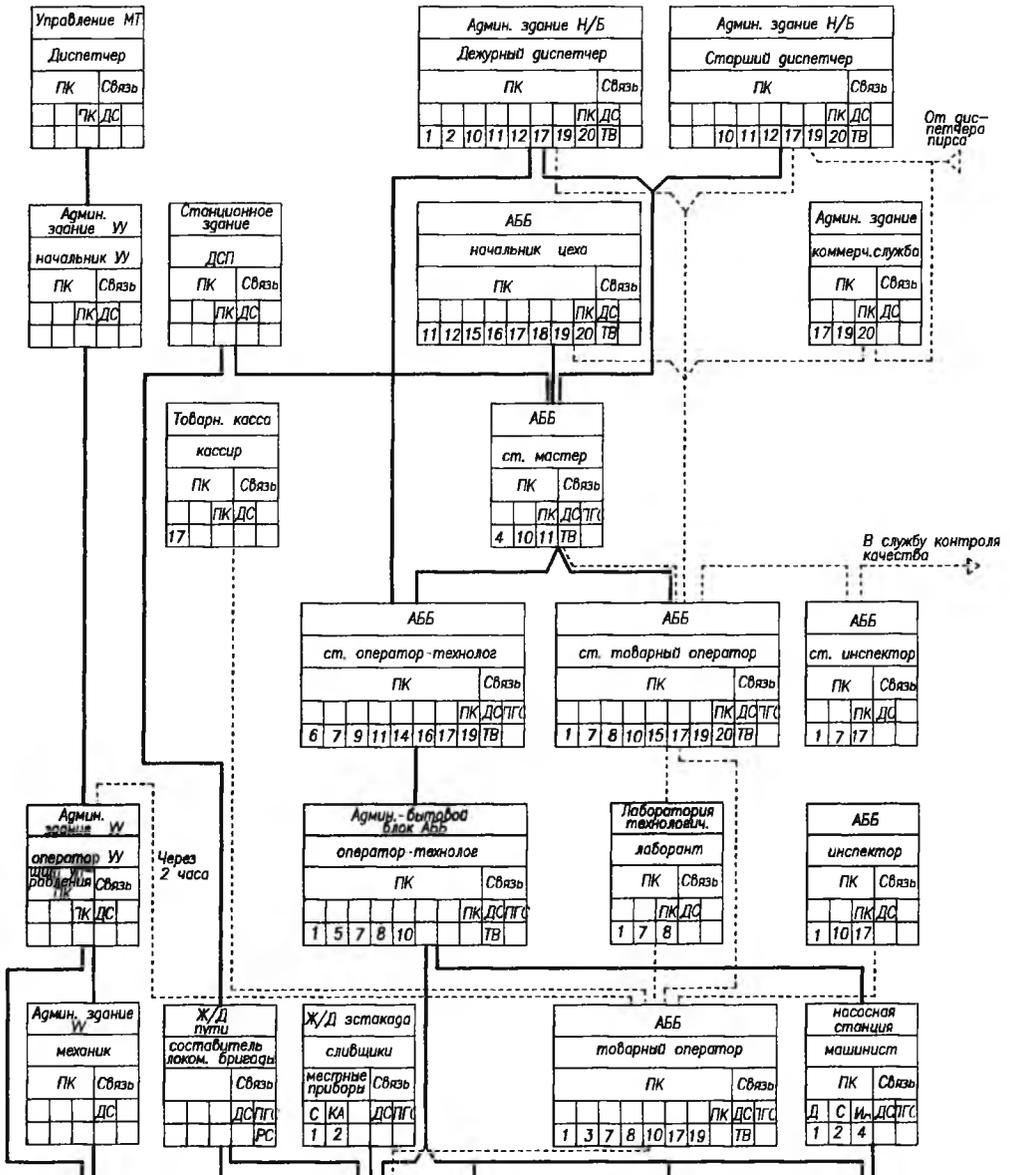
Примечание.

- По требованию п. 4.2.2 ГОСТ 21.408-93 в перечень закладных конструкций, первичных приборов и средств автоматизации включают:
- закладные конструкции, предназначенные для установки приборов измерения температуры, отборных устройств давления, уровня, состава и качества вещества;
 - первичные приборы (объемные и скоростные счетчики, сужающие устройства, ротаметры, датчики расходомеров и концентромеров);
 - поплавковые и буйковые датчики уровнемеров и сигнализаторов уровня;
 - регулирующие клапаны.

Если сужающие устройства и регулирующие органы являются составной частью систем автоматизации, поставляемых комплектно с оборудованием, указанные таблицы не выполняют.

Разработка «Перечня» освещена в главе 20 «Пособия».

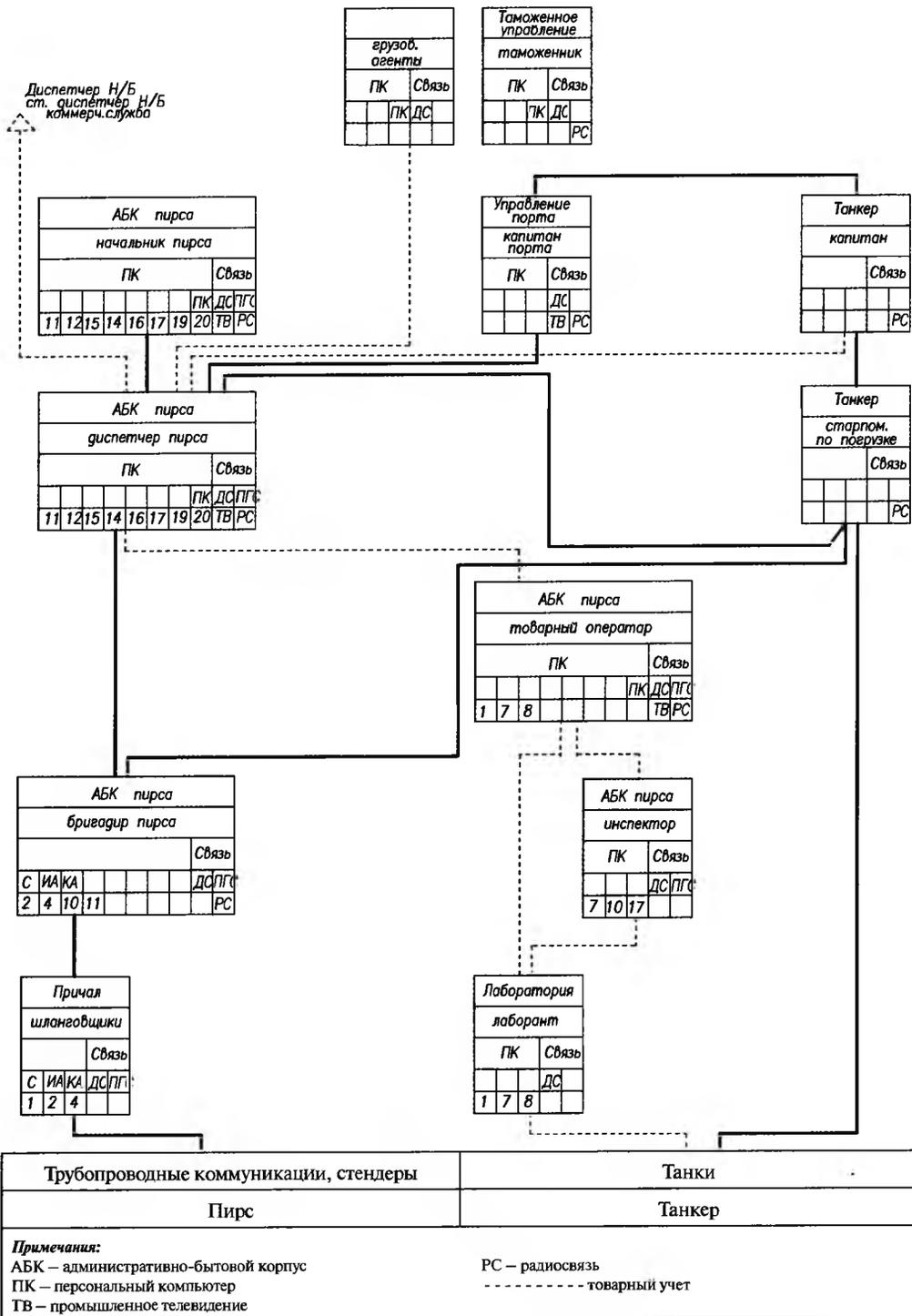
Схема организационной структуры



Узел учета уу	Станция отстоя	Ж/Д эстакада	Технологические трубопроводы	Резервуары наземные	Насосные станции технологические слива/налива
Магист. тр-д	Ж/Д	Товарный цех			
Нефтебаза (Н/Б) комбинированная					

Примечания:
 МТ – магистральный трубопровод
 УУ – узел учета нефтепродуктов
 АББ – административно-бытовой блок
 ДП – диспетчер
 ДСП – дежурный по станции (ж. д.)
 ПК – персональный компьютер
 ТВ – промышленное телевидение
 ----- товарный учет

Продолжение схемы 12.Сх1



Окончание схемы 12.Сх1

Технические средства и функциональные группы устройств КТС и их условные обозначения

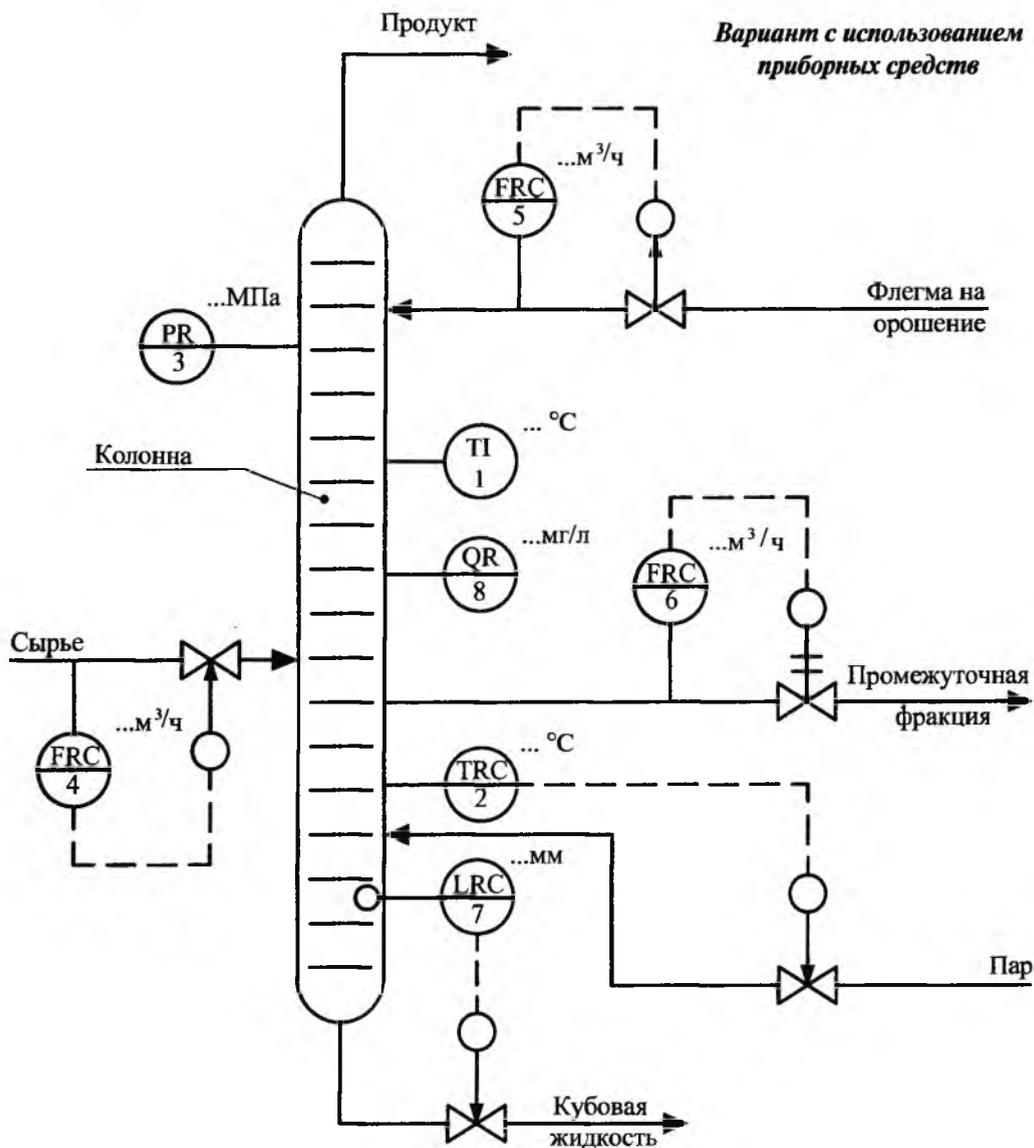
Условные обозначения	Наименование	Условные обозначения	Наименование
Д	Датчики автоматические (аналоговые, позиционные и другие преобразователи)	ВЗУ	Внешнее запоминающее устройство
С	Сигнализаторы	ВТ	Устройство символьной индикации (видеотерминал)
ИЦ	Индикаторы цифровые		
ИА	Индикаторы аналоговые		
Р	Регуляторы локальные		
РА	Регистраторы аналоговые	ВВУ	Вводно-выводное устройство
КА	Командоаппараты	УП	Устройство печати
СУ	Станции и панели управления исполнительными устройствами	ПРВ	Пульта (датчик) ручного ввода данных
ЗД	Задающие устройства	ДС	Аппаратура диспетчерской оперативной связи
ПР	Процессор	ПГС	Аппаратура производственной громкоговорящей связи

Функции АСУТП и их условные обозначения

Условные обозначения	Наименование	Условные обозначения	Наименование
1	Контроль параметров	11	Диагностика технологических линий (агрегатов)
2	Дистанционное управление технологическим оборудованием и исполнительными устройствами	12	Распределение нагрузок технологических линий (агрегатов)
3	Измерительное преобразование	13	Оптимизация отдельных технологических процессов
4	Контроль и сигнализация состояния оборудования	14	Анализ состояния технологического процесса
5	Стабилизирующее регулирование	15	Прогнозирование основных показателей производства
6	Выбор режима работы регуляторов и ручное управление задатчиками	16	Оценка работы смены
7	Ручной ввод данных	17	Контроль выполнения плановых заданий
8	Регистрация параметров	18	Контроль проведения ремонтов
9	Расчет ТЭП	19	Подготовка и выдача оперативной информации в АСУТП
10	Учет производства и составление данных за смену	20	Получение производственных ограничений и заданий от АСУП

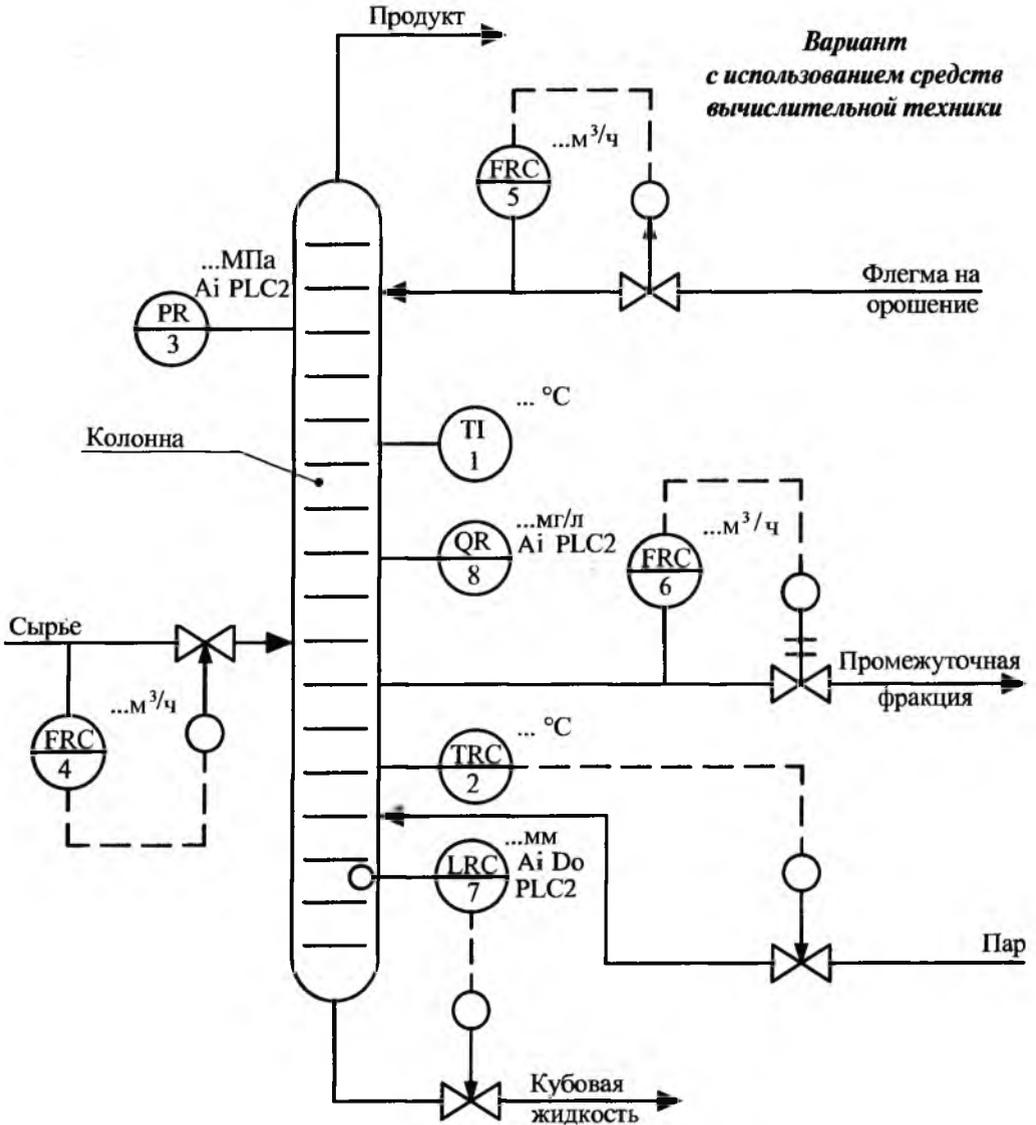
Схема 12.Сх2

Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом по ГОСТ 21.408-93



Номер контура	2	3	4	5	6	7	8
Номер листа	1	2	3	3	3	4	5
Значение параметра	... °C	...МПа	...м³/ч	...м³/ч	...м³/ч	...мм	...мг/л

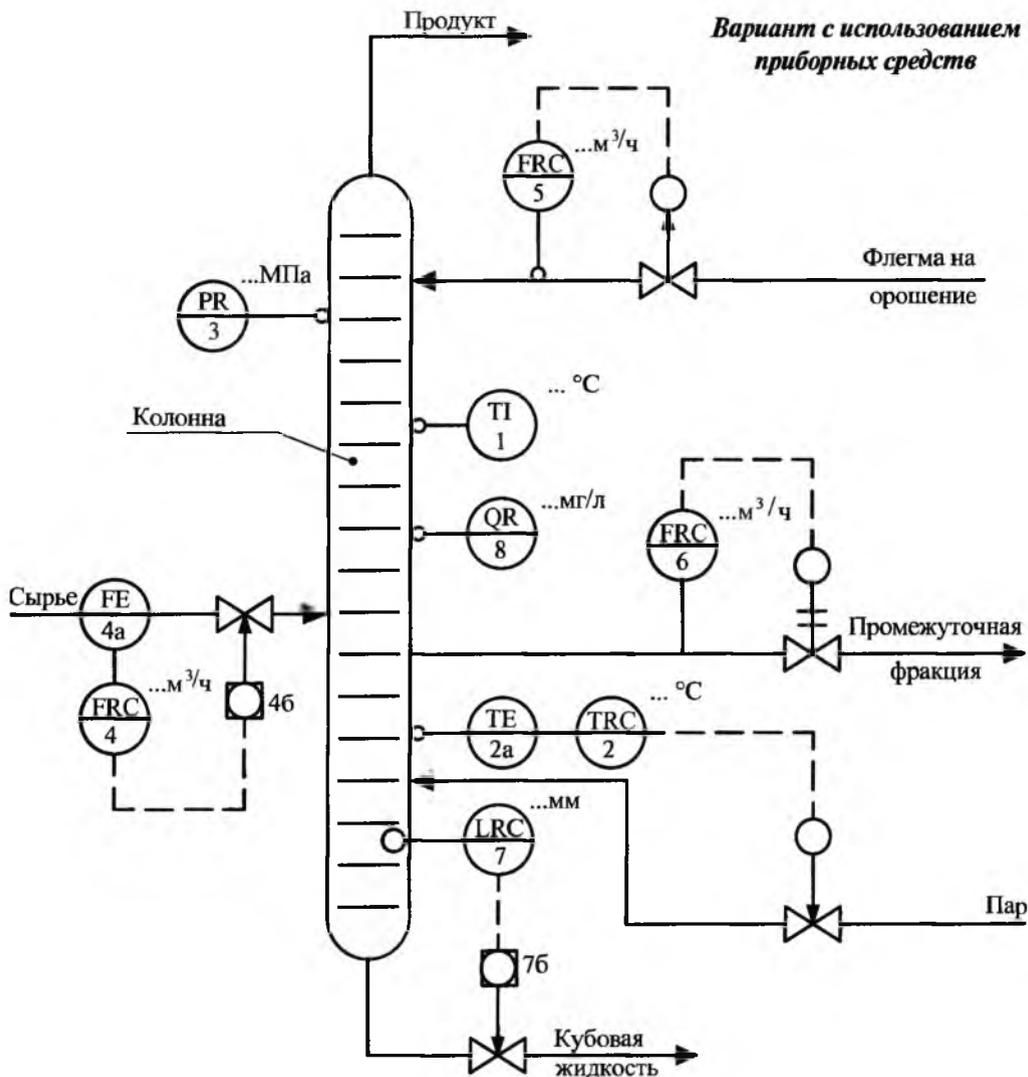
Окончание схемы 12.Сх2



Номер контура	2	3	4	5	6	7	8
Номер листа	1	2	3	3	3	4	5
Значение параметра	... °C	...МПа	...м ³ /ч	...м ³ /ч	...м ³ /ч	...мм	...мг/л
Вид связи с ВТ	—	Ai PLC2	—	—	—	Ai, 2Do PLC2	Ai PLC2

Схема 12.Сх2а

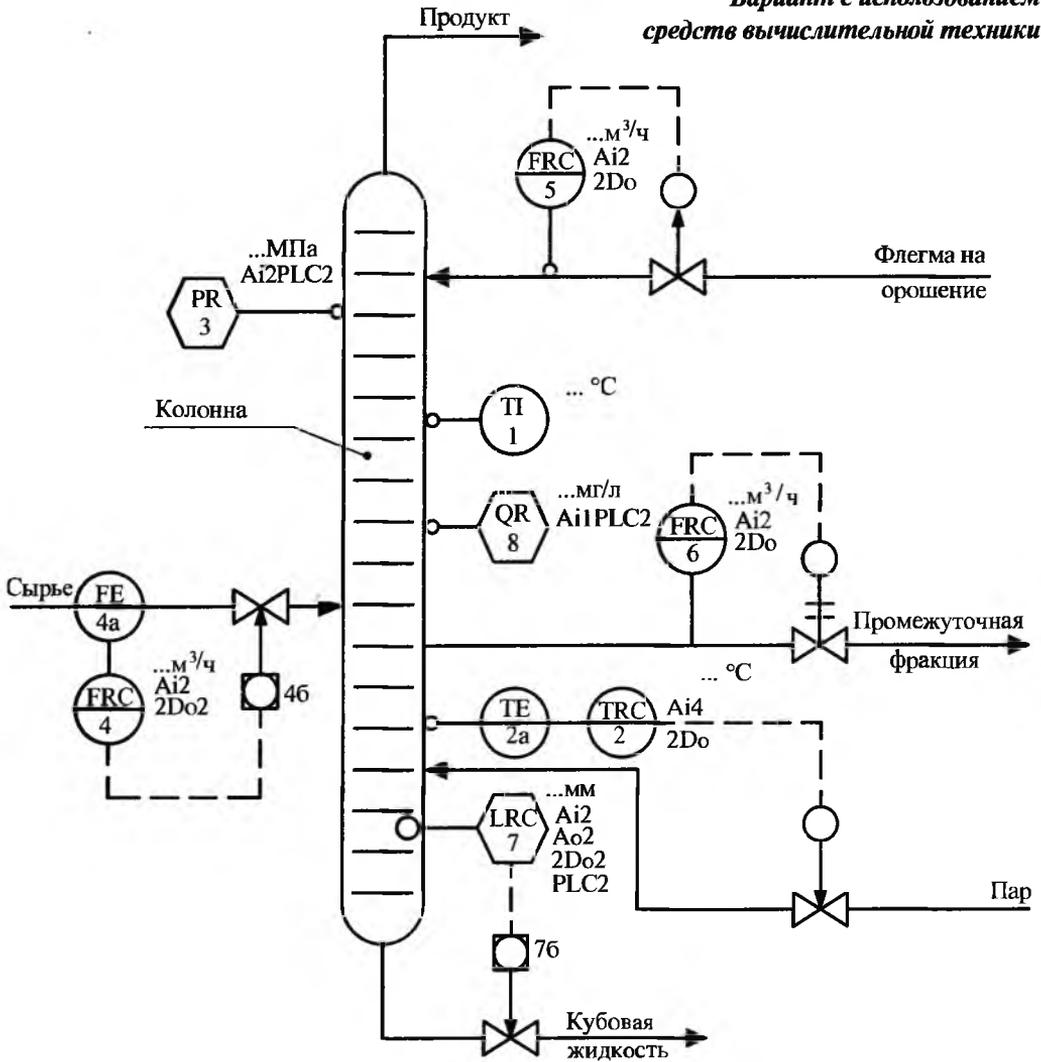
Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным способом,
предлагаемого «Пособием»



Номер контура	2	3	4	5	6	7	8
Номер листа	1	2	3	3	3	4	5
Значение параметра	... °C	... МПа	... м ³ /ч	... м ³ /ч	... м ³ /ч	... мм	... мг/л

Окончание схемы 12.Сх2а

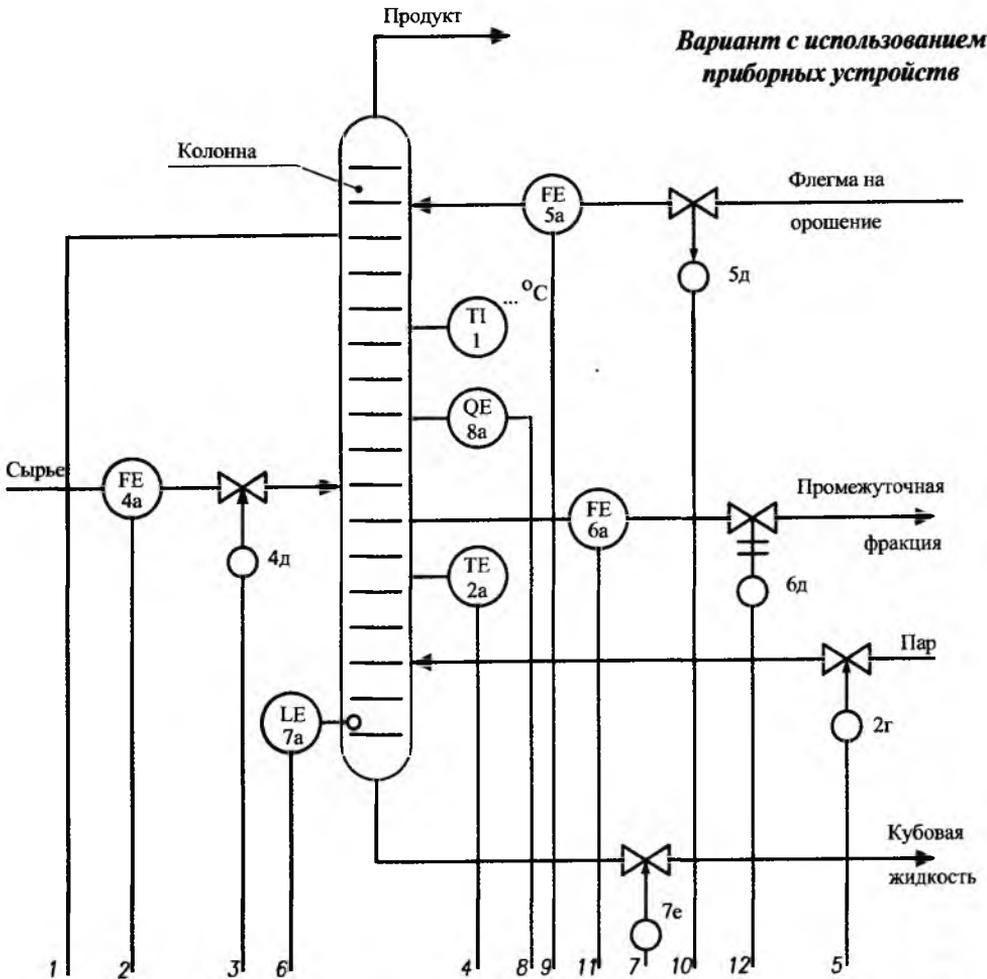
Вариант с использованием средств вычислительной техники



Номер контура	2	3	4	5	6	7	8
Номер листа	1	2	3	3	3	4	5
Значение параметра	... °C	... МПа	... м ³ /ч	... м ³ /ч	... м ³ /ч	... мм	... мг/л
Вид связи с ВТ	—	Ai2 PLC2	—	—	—	Ai2, Ao2 2Do2 PLC2	Ai1 PLC2

Схема 12.Сх3

Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом
по ГОСТ 21.408-93



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	...МПа	...м ³ /ч	регул.	...°C	регул.	...мм	регул.	...ме/л	...м ³ /ч	регул.	...м ³ /ч	регул.
Приборы местные	PT 3a	FT 4б						QI 8б	FT 5б		FT 6б	
Штат управления	PR 3в	FAR 4в	FC 4г	TR 2б	TC 2в	LAR 7б	LC 7в	OR 8в	FAR 5в	FC 5г	FAR 6в	FC 6г

Окончание схемы 12.Сх3

Вариант с использованием средств вычислительной техники

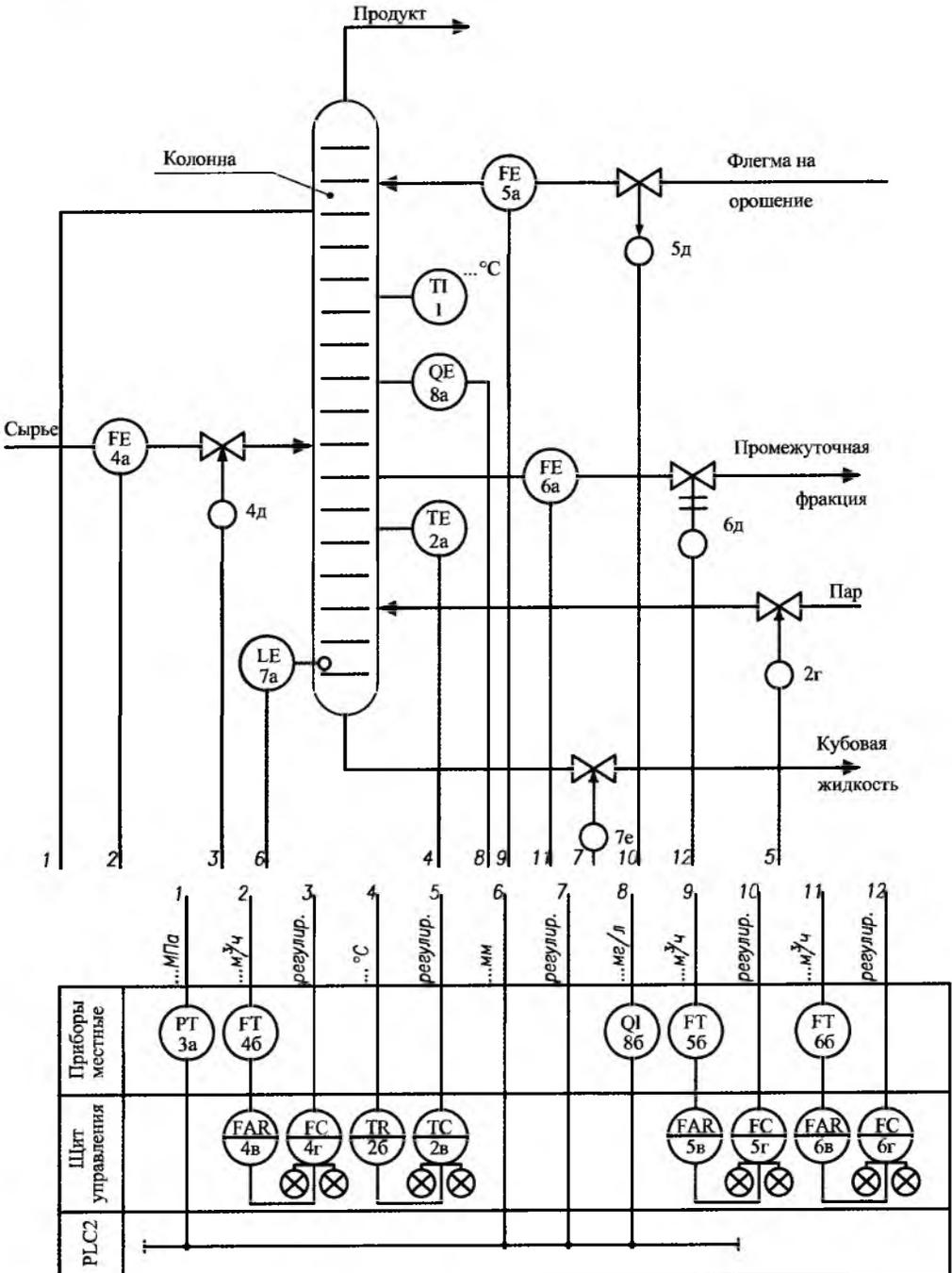
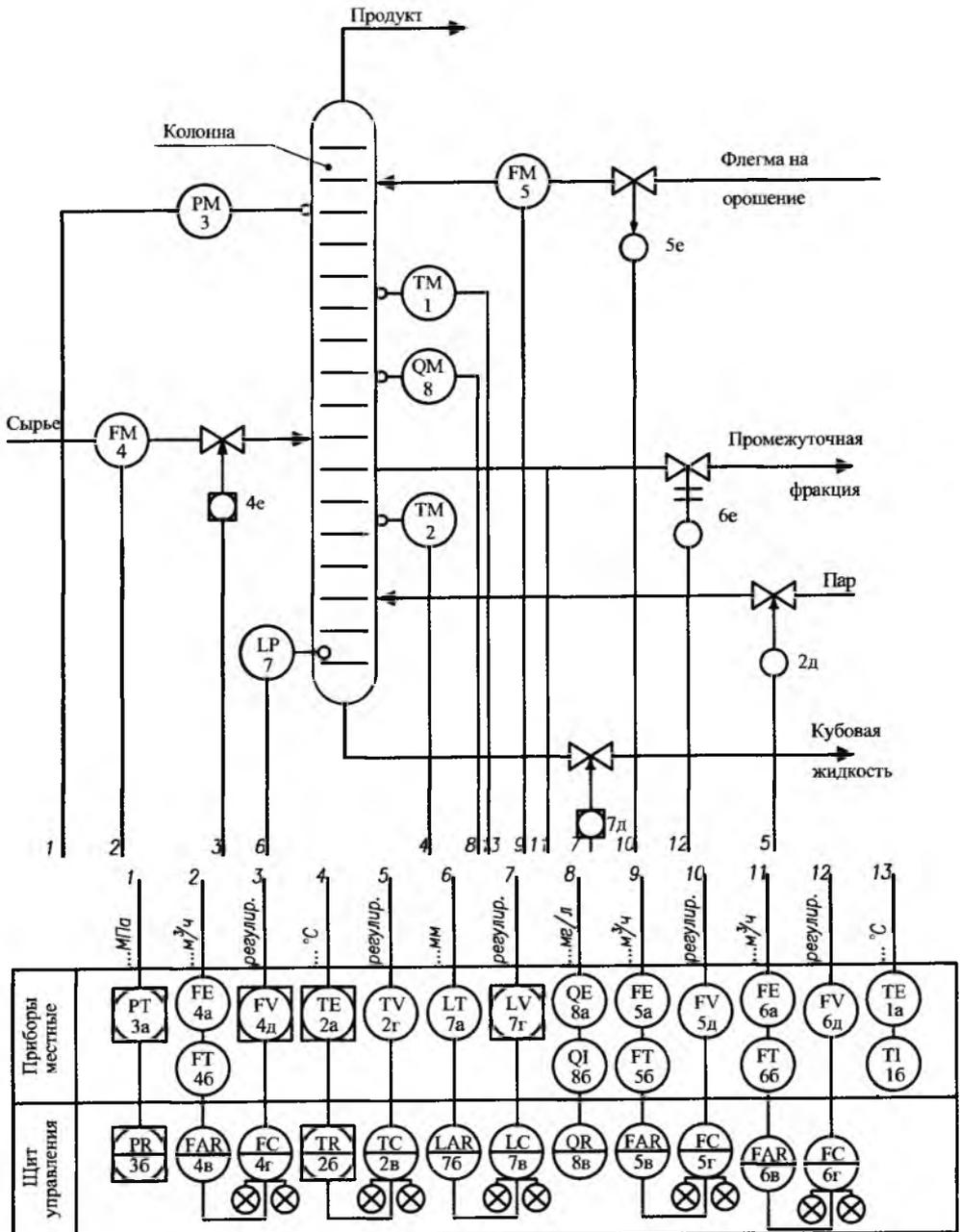


Схема 12.Сх3а

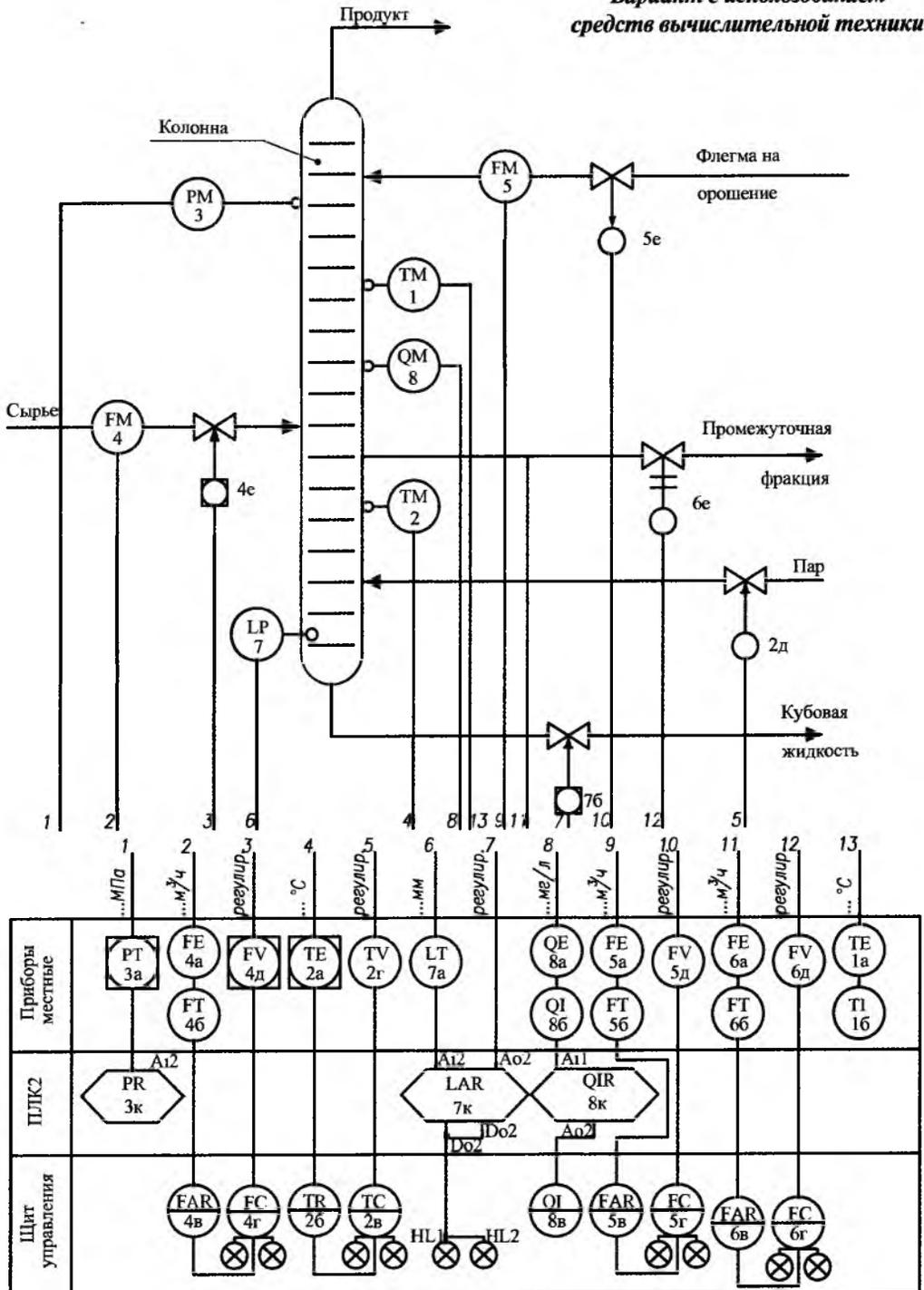
Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом,
предлагаемым «Пособием»

Вариант с использованием
приборных устройств



Окончание схемы 12.Сх3а

Вариант с использованием средств вычислительной техники



Сравнение обозначений функциональных контуров контроля и управления развернутым способом

А. Обозначение по ГОСТ 21.408-93

1. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию без дистанционной передачи
2. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию с дистанционной передачей
3. Прибор, устанавливаемый на технологическом оборудовании с помощью закладных устройств
4. Прибор, подключаемый с помощью отборного устройства
5. Прибор, конструктивно не связанный с технологическим оборудованием
6. Исполнительный механизм

	Бензин $d_y 100, p_y 1,5 \text{ МПа}, t 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Вода обратная $d_y 200, p_y 0,8 \text{ МПа}, t 190 \text{ }^\circ\text{C}$	Газ природный $d_y 200, p_y 16 \text{ МПа}$	Вода обратная $d_y 350, t 190 \text{ }^\circ\text{C}$	Нефть экспортная $d_y 500, p_y 16 \text{ МПа}, t 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Вода холодная $d_y 125, p_y 10 \text{ МПа}, t 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Поле схемы автоматизации	 100 м ³ /ч	 100 м ³ /ч	 25 °C	 1,5 МПа	 130 м ³ /ч	 Регулирование
По месту						
Щит оператора						

От контура измерения

Сравнение обозначений функциональных контуров контроля и управления развернутым способом

Б. Предлагаемое обозначение

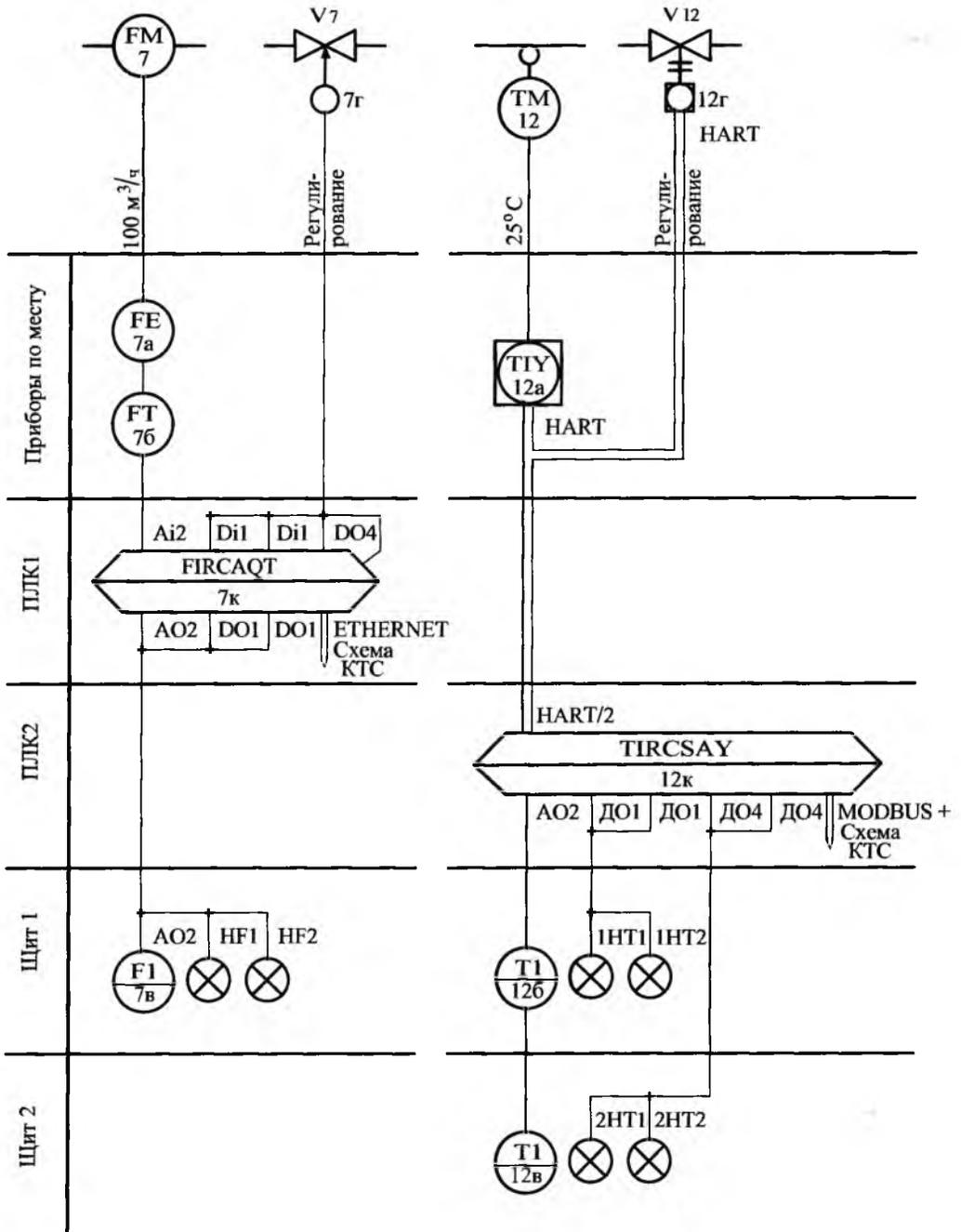
1. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию без дистанционной передачи
2. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию с дистанционной передачей
3. Прибор, устанавливаемый на технологическом оборудовании с помощью закладных устройств
4. Прибор, подключаемый с помощью отборного устройства
5. Прибор, конструктивно не связанный с технологическим оборудованием
6. Исполнительный механизм

	Бензин d _y 100, p _y 1,5 МПа, t 25°С	Вода обратная d _y 200, p _y 0,8 МПа, t 90°С	Газ природный d _y 200, p _y 16 МПа	Вода обратная d _y 350, t 90°С	Нефть экспортная d _y 500, p _y 16 МПа, t 25°С	Вода холодная d _y 125, p _y 10 МПа, t 30°С
Поле схемы автоматизации	FM 1 100 м ³ /ч	FM 2 100 м ³ /ч	TM 3 25°С	PP 4 1,5 МПа	130 м ³ /ч	6ж Регулирование
По месту	FIQ 1a	FE 2a FT 2б	TE 3a	PT 4a	FE 5a PT 5б	FV 6е
Щит оператора		FIO 2в	TI 3б	PIR 4б	FIQ 5в	FC 6д

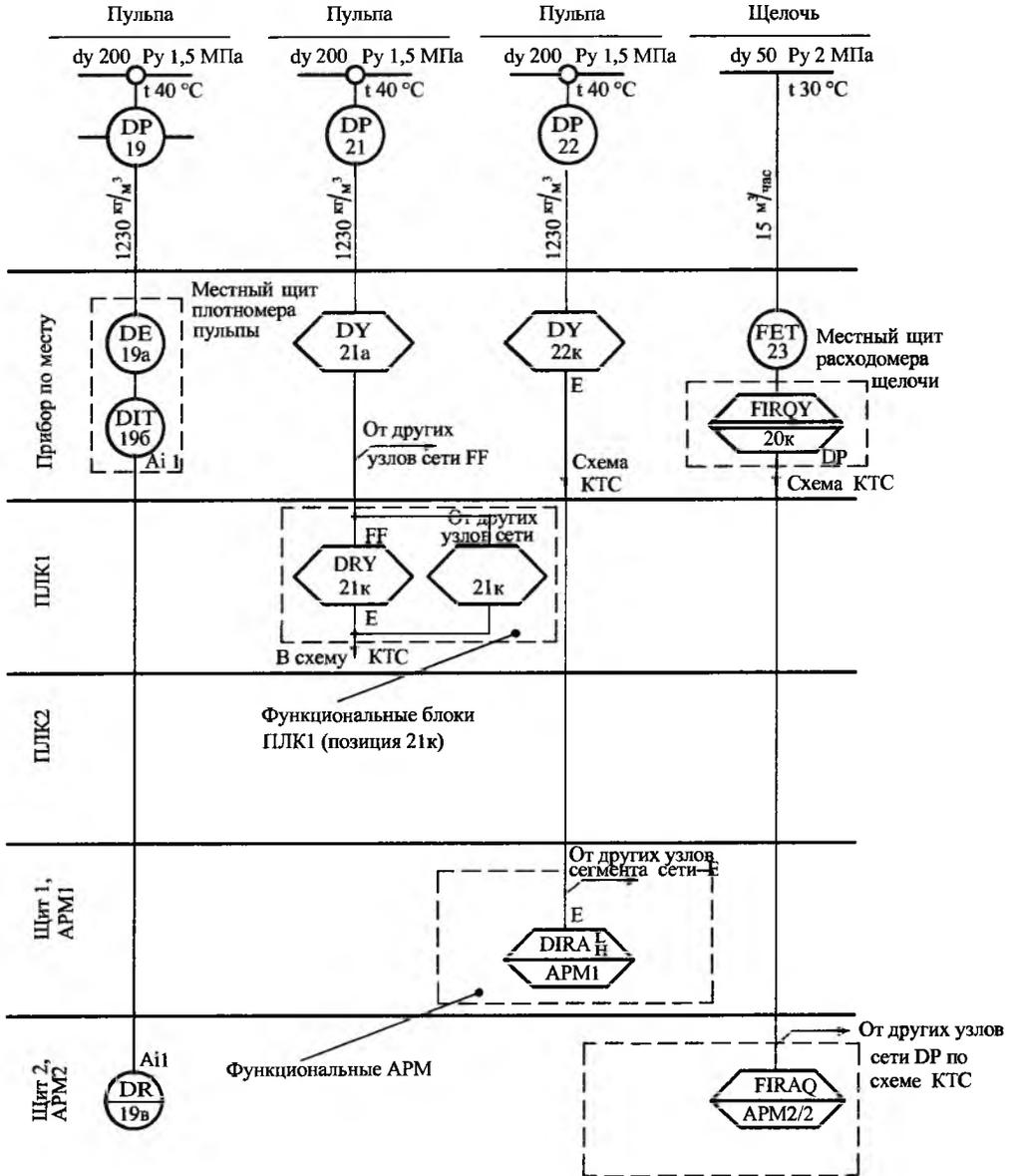
От контура измерения

Схема 12.Сх3в

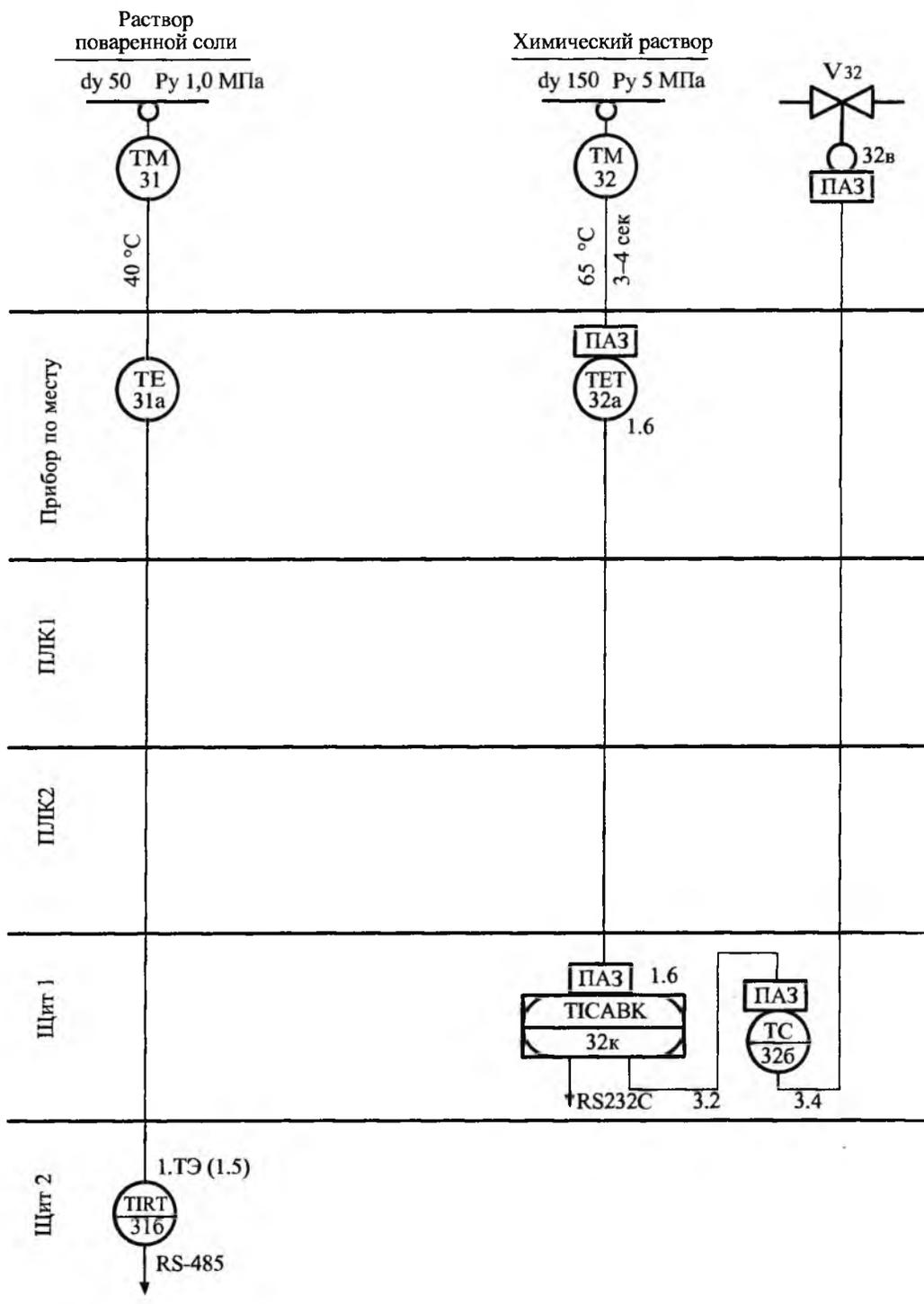
Примеры обозначения функциональных контуров контроля и управления
развернутым способом



Продолжение схемы 12.Сх3в



Продолжение схемы 12.Сх.3в



Окончание схемы 12.Сх.3в

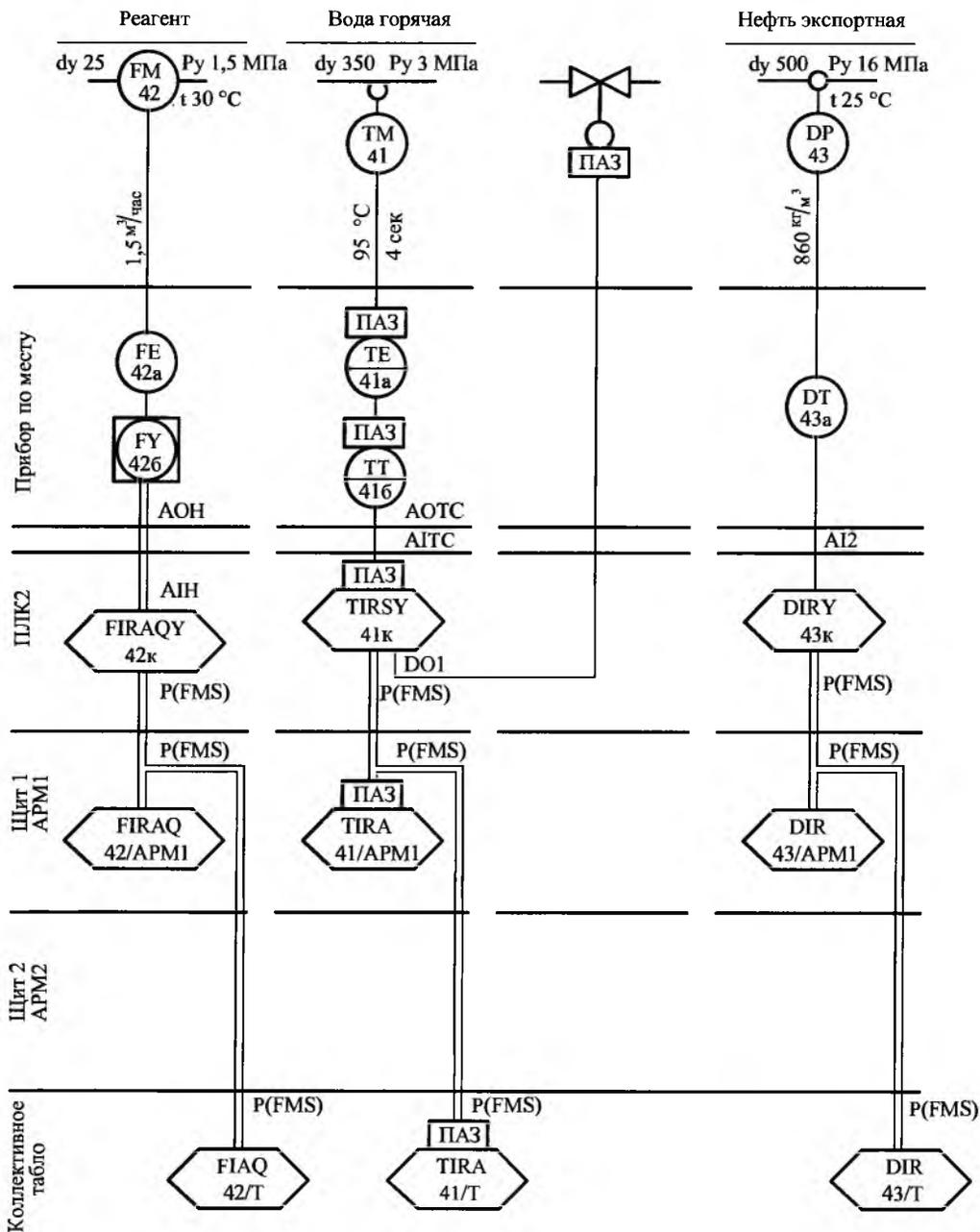


Схема 12.Сх3э

Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом по ГОСТ 21.408-93 (вариант 2)

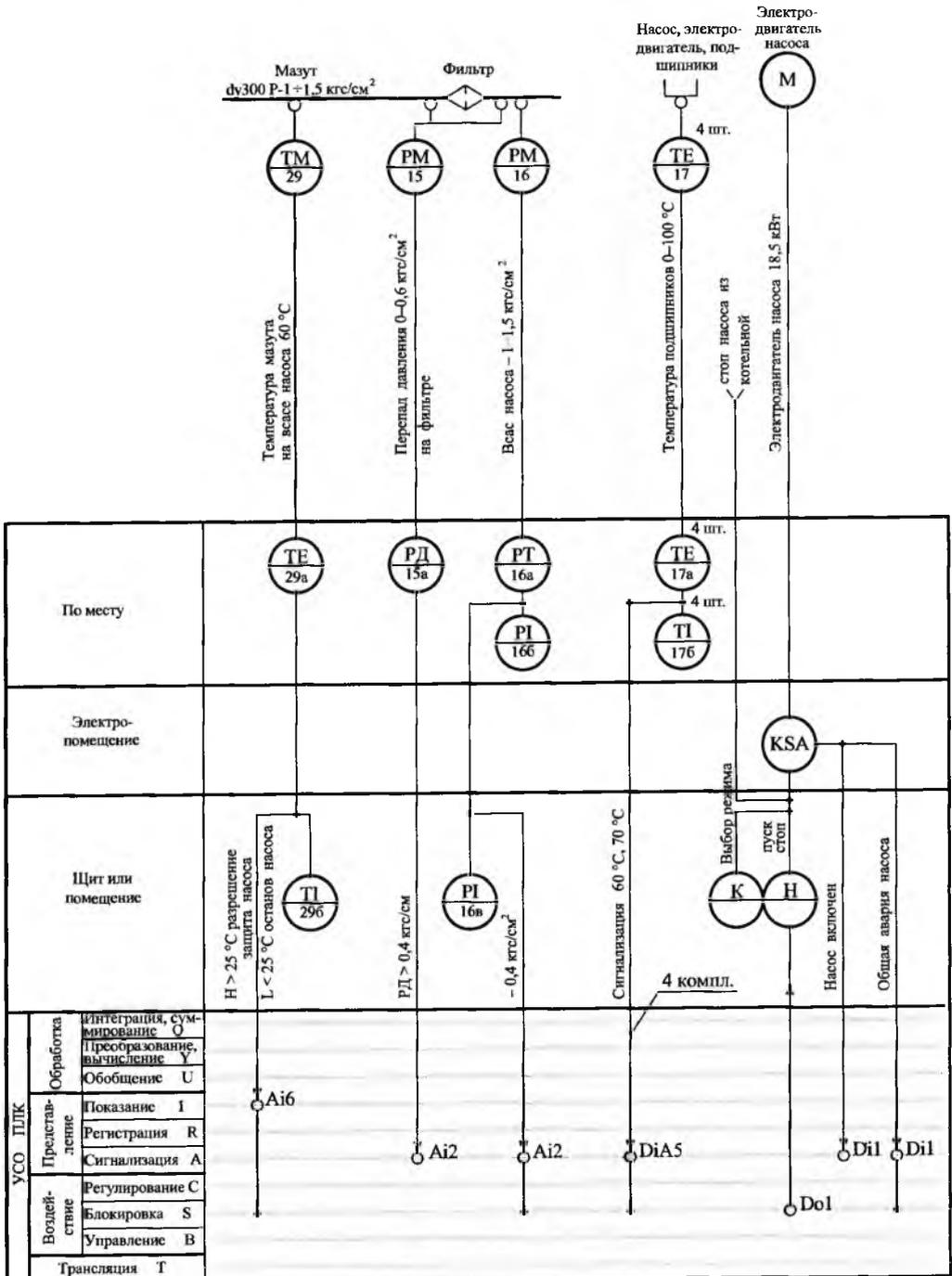
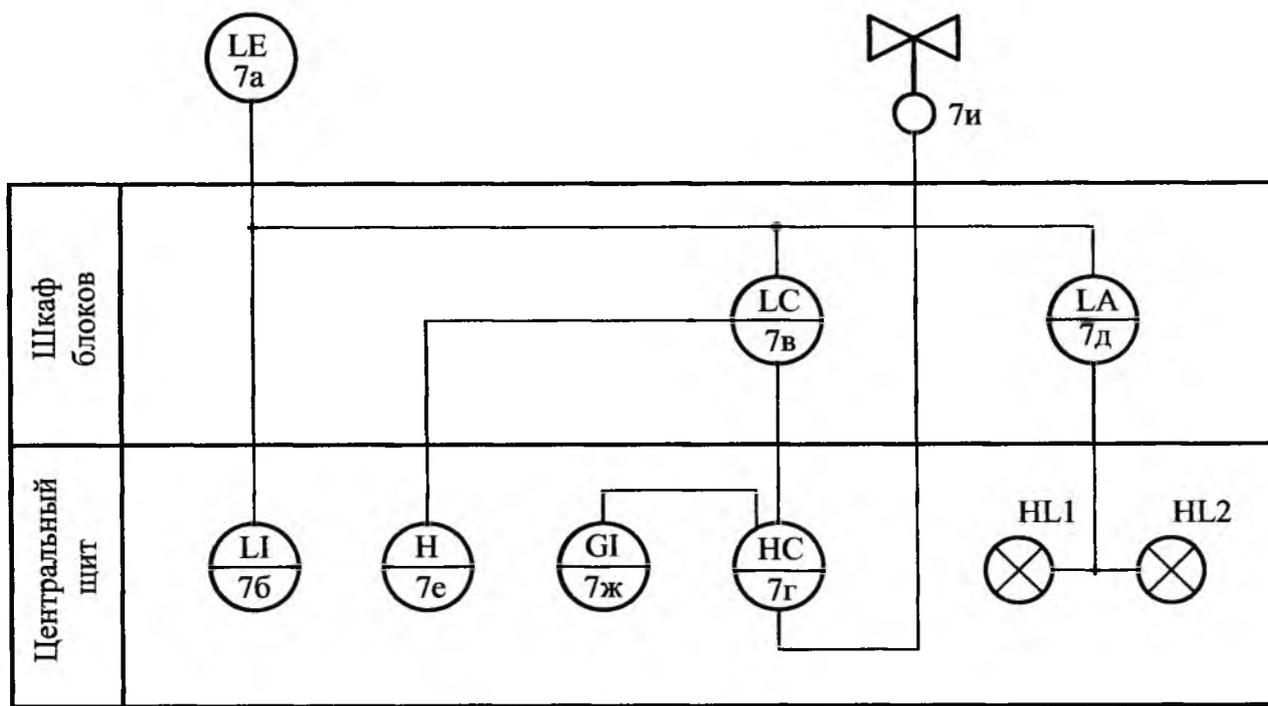


Схема функционального контура



Примечание. Схема повторяет рисунок 4 к пункту 4.3.7.4 ГОСТ 21.408-93.

Пример схемы комплекса технических средств

Перечень технических средств

Условные обозначения	Наименование	Кол-во	Примечание
Аппаратная № 19			
ПЛК 11	Микропроцессорный контроллер ...	1	
R	Повторитель ...	2	
ПЛК 12	Микропроцессорный контроллер с расширителями ...	1	
R	Повторитель ...	2	
ПЛК 10	Микроконтроллер с расширителем ...	1	
ПЛК 13	Микроконтроллер с расширителем ...	1	
Пр 1	Преобразователь ...	2	
Операторная			
ПКВ 1, ПКВ 2	Компьютер видеостенки ...	2	
ПК 1 ÷ ПК 4	Станция оператора ...	4	Эксплуатируется
Пр	Преобразователь ...	1	Эксплуатируется
ВС	Видеостенка 2 × 2	1	
ПК 5	Станция оператора «Железнодорожные весы»	1	
ПКВ	Станция оператора «Железнодорожное видео»	1	
ПКЖ	Станция оператора «Железнодорожные устройства»	1	Эксплуатируется
ПКИ	Станция инженерная ...	1	
ПКУ	Станция оператора «Уровень» ...	1	Эксплуатируется
ПКУч	Станция оператора «Учет»	1	
Аппаратная при операторной			
Ком	Коммутатор ETHERNET ...	1	Эксплуатируется
FCU 2160	Выходной модуль SAAB TANK CONTROL	1	Эксплуатируется

Продолжение схемы 12.Сх5

Условные обозначения	Наименование	Количество	Примечание
Аппаратная № 17			
ПЛК 1 ÷ ПЛК 4	Микроконтроллер ...	4	Эксплуатируется
ПЛК 6, ПЛК 7	Микроконтроллер ...	2	Эксплуатируется
ПИ	Преобразователь интерфейсов	2	Эксплуатируется
Пр	Преобразователь ...	2	Эксплуатируется
FCU 2160	Выходной модуль SAAB TANK CONTROL	1	Эксплуатируется
MS	Мастер – станция «PAKSCAN»	1	Эксплуатируется
Аппаратная насосная станция № 2			
ПЛК 8	Микроконтроллер ...	1	
Пр 1	Преобразователь ...	1	

Примечания:

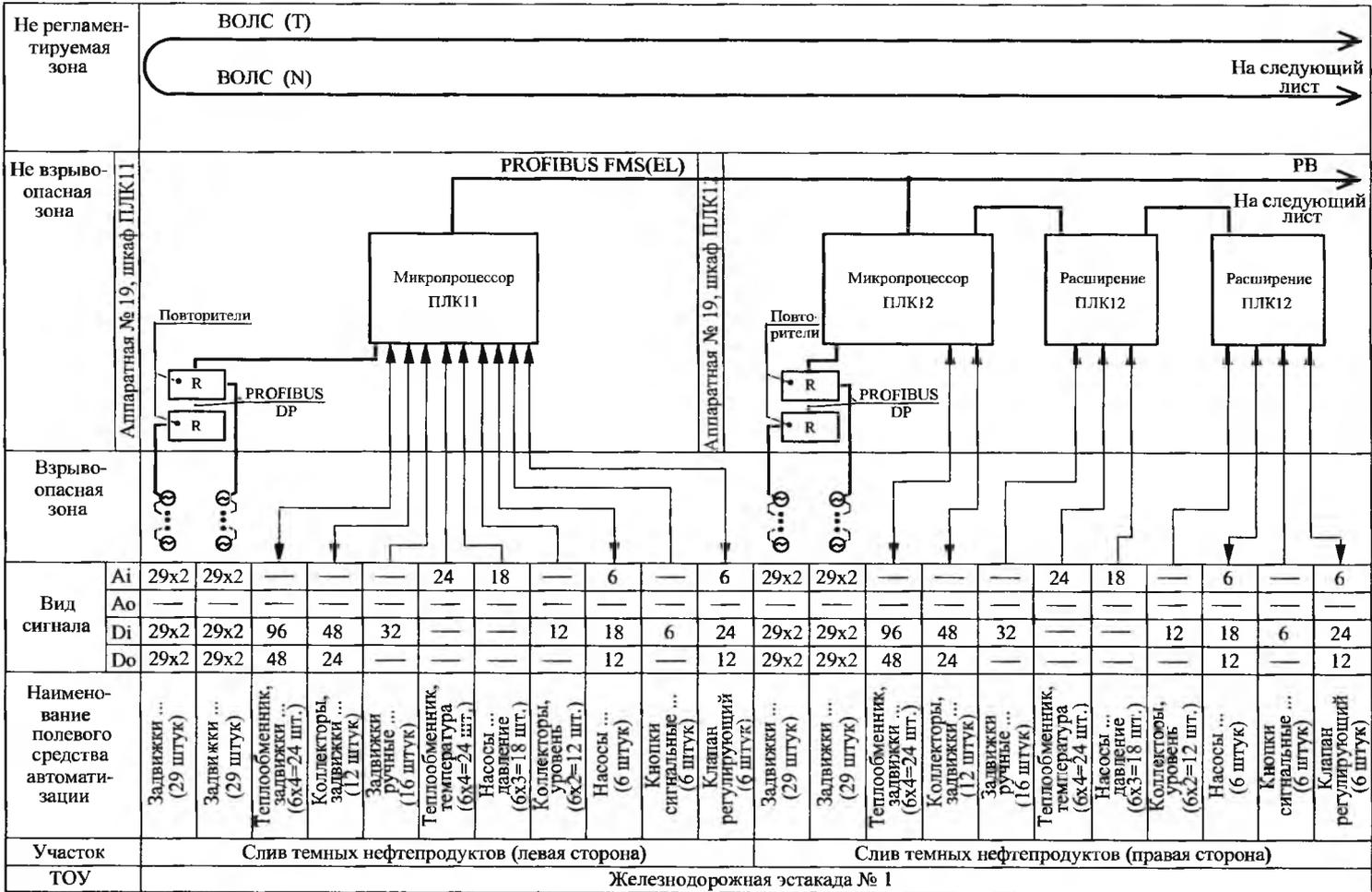
1. Данная схема приведена как пример структурной схемы комплекса технических средств. В примере допущены некоторые отступления от действительной схемы КТС с целью показа большего числа различных технических средств и этапов внедрения АСУТП.

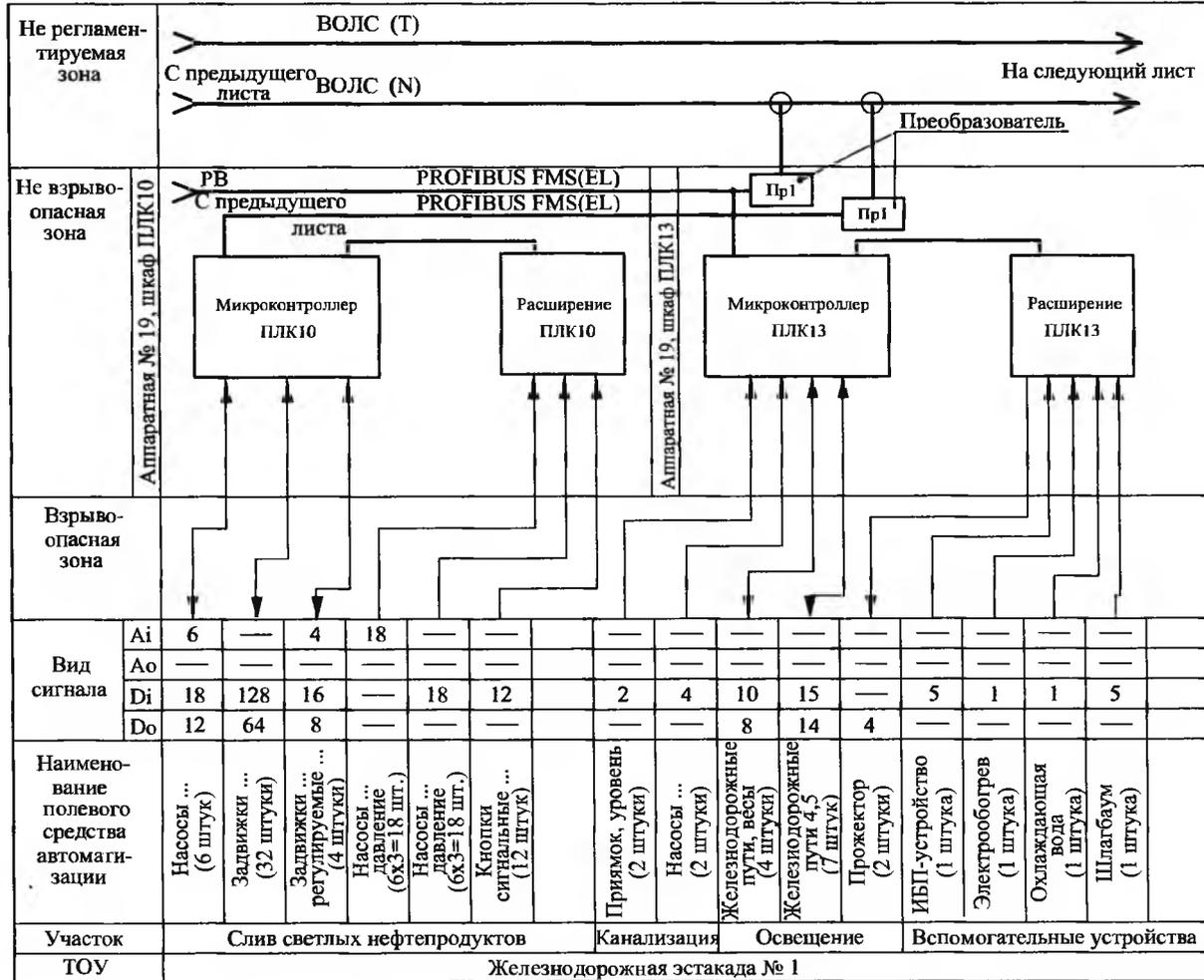
На схеме также не указаны типы и марки технических средств (кроме устройств системы «TANK RADAR и PAKSCAN «ROTORK»).

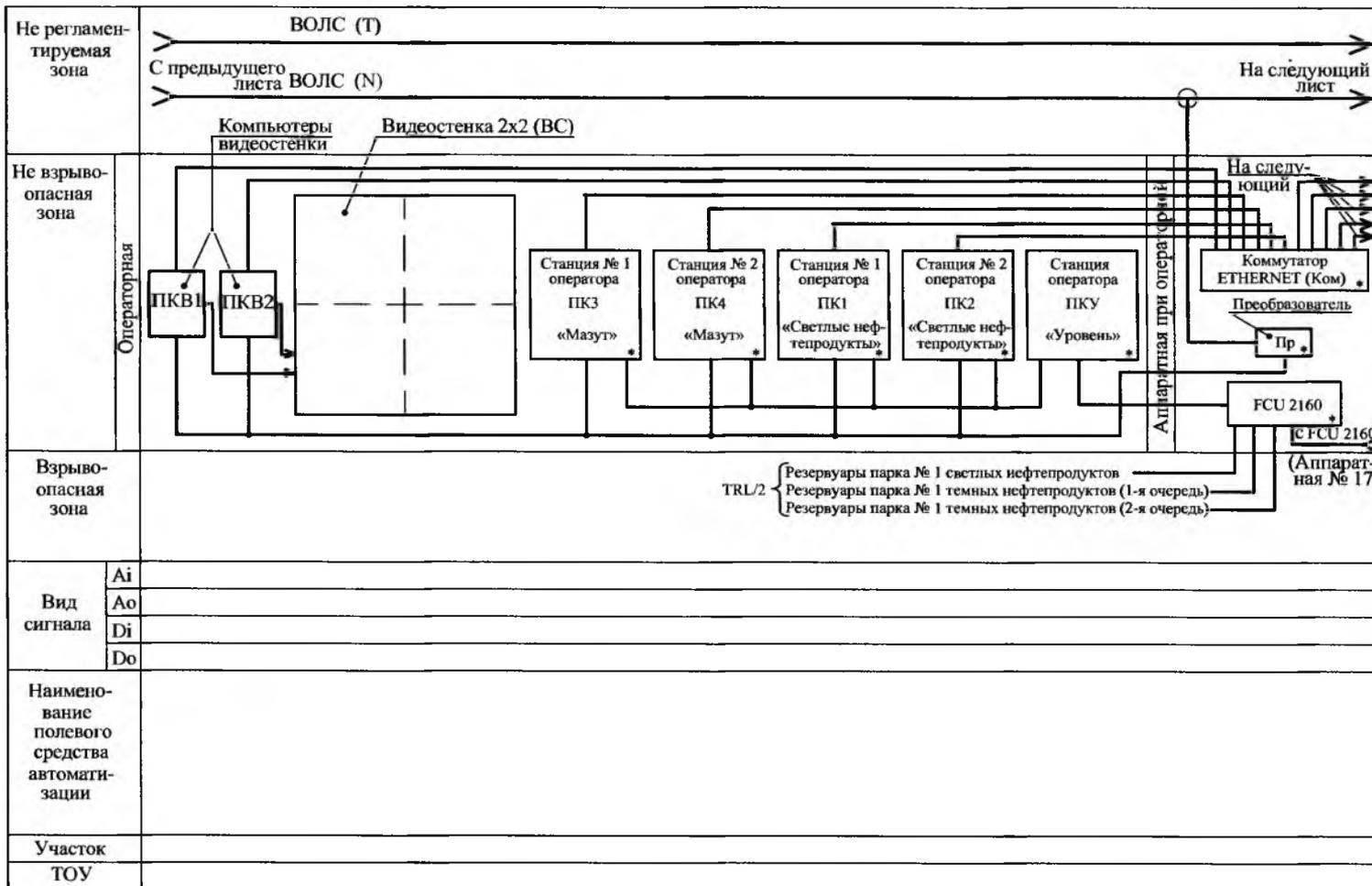
2. Схема содержит значительное количество входных и выходных сигналов различного вида. Для каждого из информационных сигналов затруднительно указать на схеме его вид. Поэтому подобную схему следует дополнить перечнями входных сигналов (В 1/Т) и сигналов вывода (В 2/Т) по схеме 6.Сх1 и таблице 5.Т4.

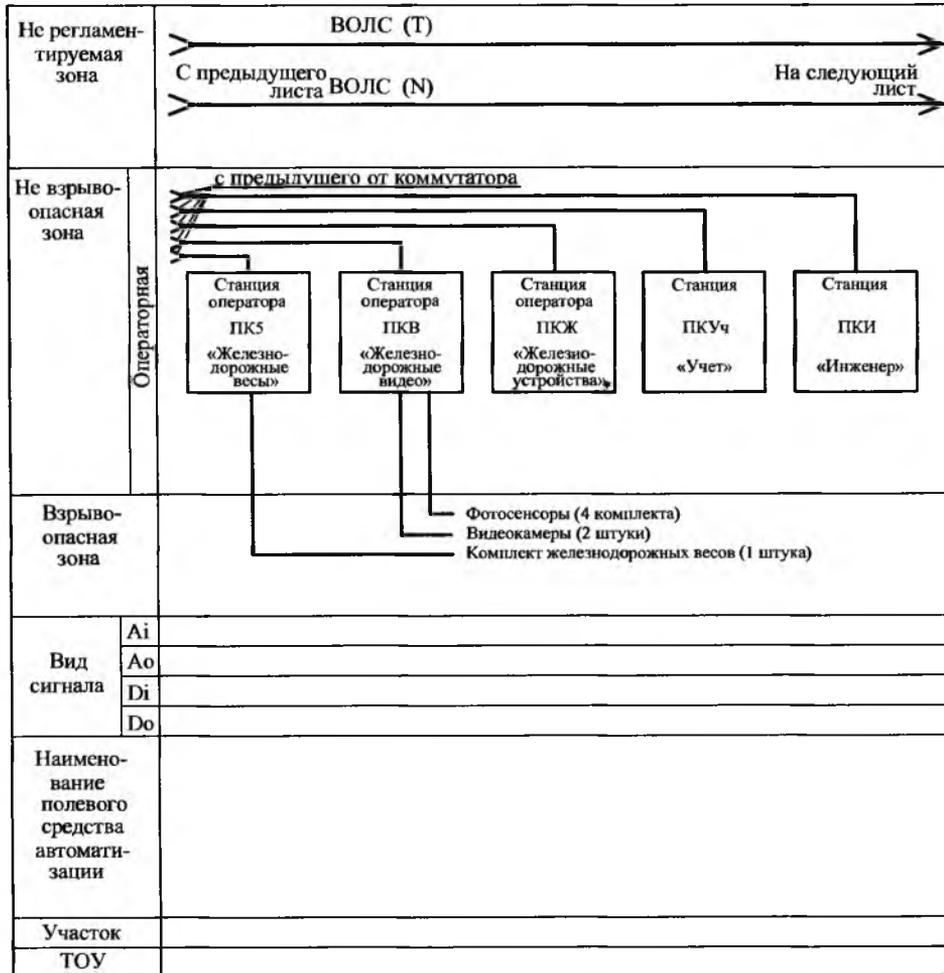
3. При ограниченном числе входных и выходных сигналов на схеме КТС возможно указание вида сигнала по таблице 12.Т8 в строке «Вид сигнала», как это показано для насосной станции № 1.

4. Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) проектируется специальной организацией. Схема ВОЛС и ее компоненты на схеме КТС не приведены.









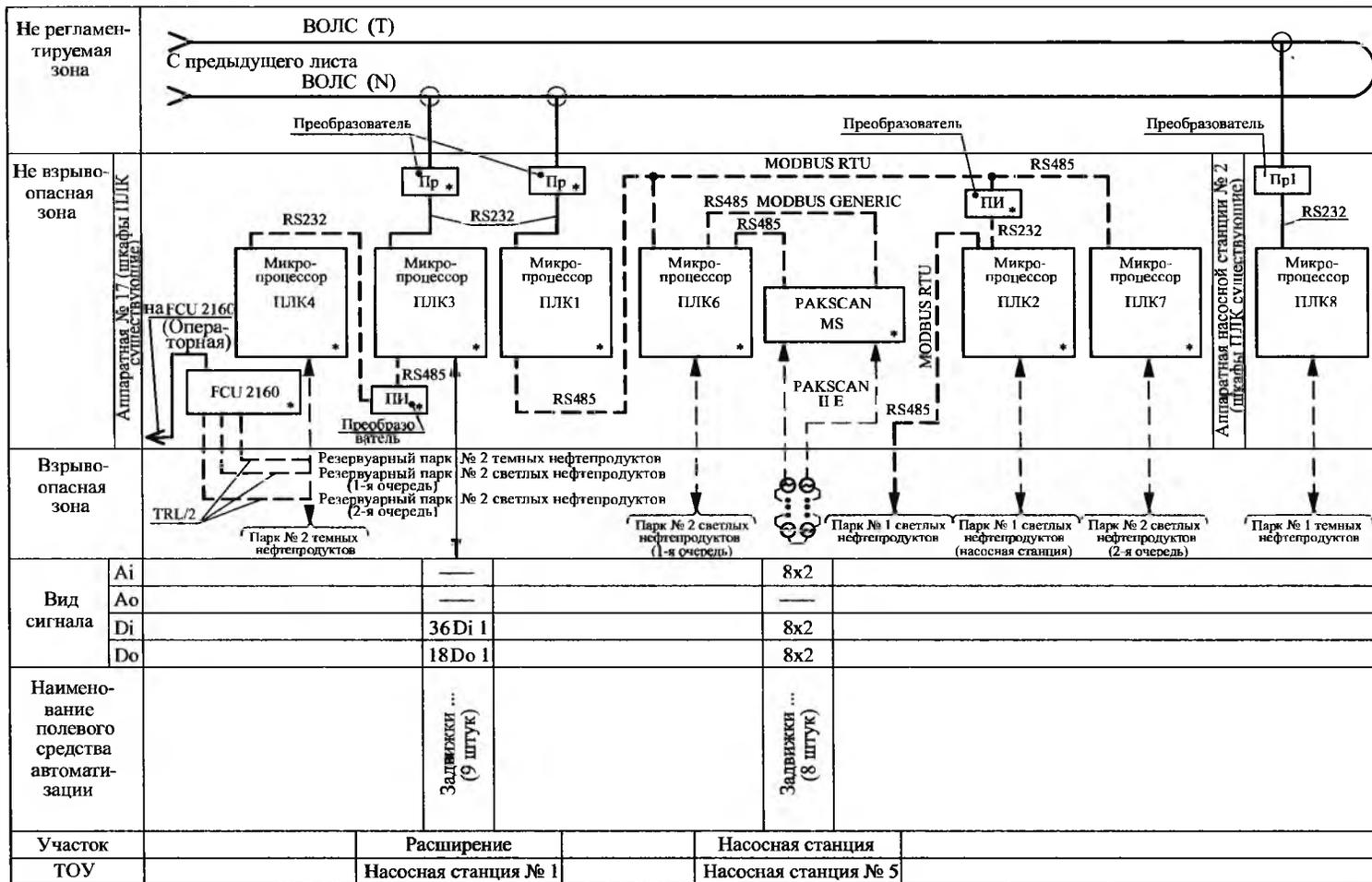
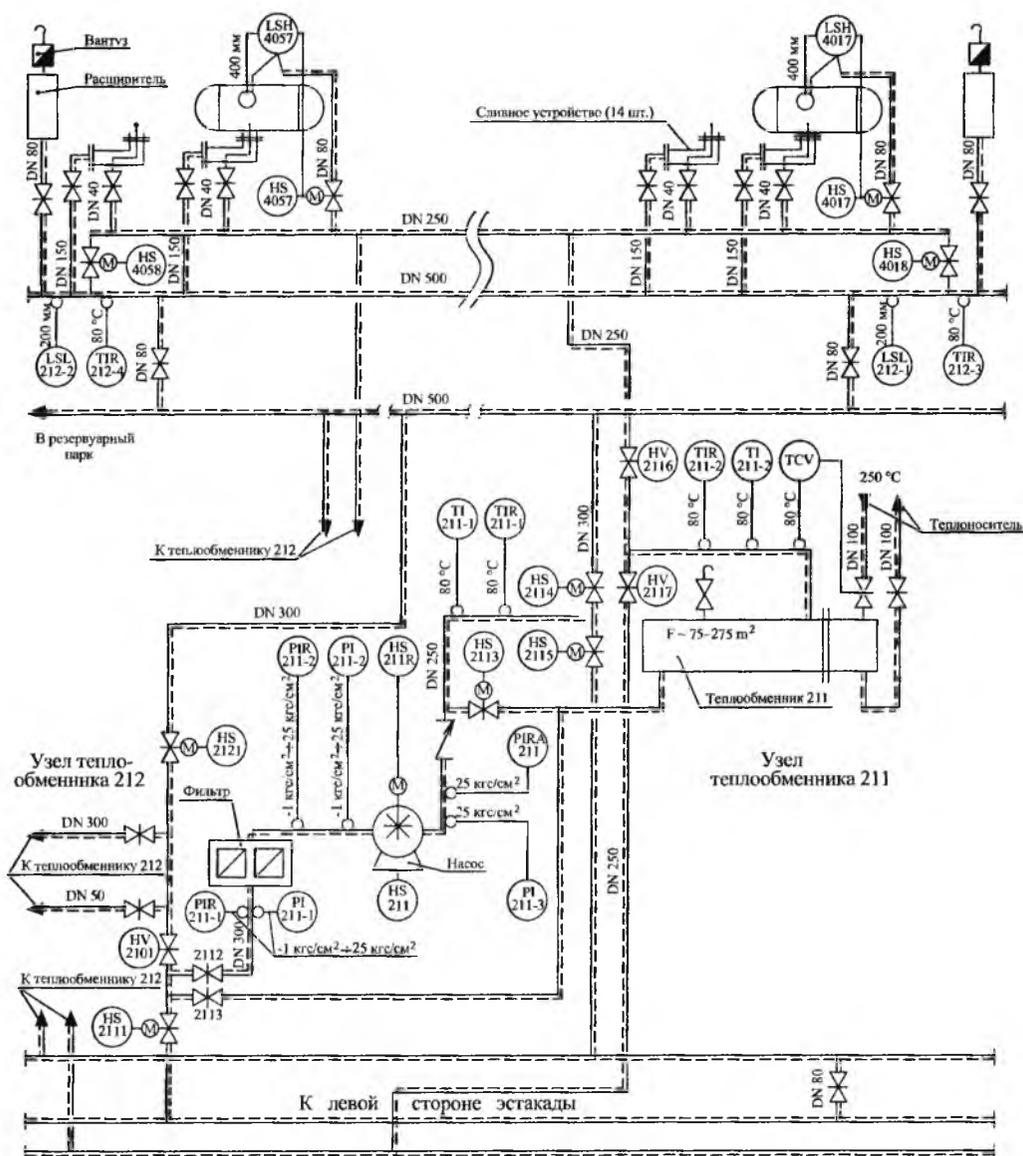


Схема 12.Сх6

Пример схемы автоматизации упрощенным способом

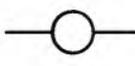
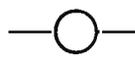
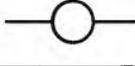
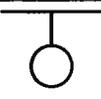
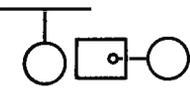
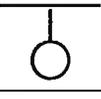
Правая сторона эстакады



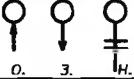
Примечание. Участок железнодорожной сливноливной эстакады для темных нефтепродуктов с насосной станцией и теплообменником оснащается датчиками неинтеллектуального типа с передачей аналогового сигнала 0–20 мА и дискретного сигнала = 24 В на устройства ввода/вывода контроллера ПЛК № 11.

Таблица 12.Т1

Условные графические обозначения полевых средств автоматизации АСУТП

Полевое средство автоматизации		Графическое обозначение	
Наименование	Примечание по др. сред.	ГОСТ 21.104-85 ГОСТ 21.401-83	Примечание
1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту) а) основное обозначение б) допускаемое обозначение		 	См. таблицу 12.Т2а
2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте а) основное обозначение б) допускаемое обозначение		 	См. таблицу 12.Т2а
3. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию без дистанционной передачи	Предусмотрен в проекте ТХ, ОВ, ВК и др.		
4. Прибор, встраиваемый в технологическую коммуникацию с дистанционной передачей	Предусмотрен по проекту АТХ, АСУТП		Отсутствует
4а. Закладное устройство для прибора, встраиваемого в технологическую коммуникацию с дистанционной передачей		Отсутствует	 Закладное устройство имеет буквенное обозначение М
5. Прибор, устанавливаемый на технологическом оборудовании с помощью закладных деталей	Необходима закладная конструкция (ЗК)		Отсутствует
5а. Закладное устройство для прибора, устанавливаемого на технологическом оборудовании с помощью закладных конструкций		Отсутствует	 Закладное устройство имеет буквенное обозначение М
6. Прибор, подключаемый с помощью отборного устройства	Необходимо отборное устройство (ОУ)		Отсутствует
6а. Отборное устройство для прибора		Отсутствует	 Отборное устройство имеет буквенное обозначение Р
7. Прибор, конструктивно не связанный с технологическим оборудованием	Установлен на внешней поверхности технологического оборудования по проекту АТХ		

Окончание табл. 12.Т1

Полевое средство автоматизации		Профессиональное обозначение	
Наименование	Примерное изображение	ГОСТ 21.404-85 ГОСТ 21.405-93	Примечания
6. Исполнительный механизм	Соединен с запорным/регулирующим органом (РО) по проекту ТХ, ОВ, ВК и др.	 о. з. н.	См. таблицу 12.Т2а
7. Запорный/регулирующий орган	По проекту ТХ, ОВ, ВК и др.		См. таблицу 12.Т2а

Примечание. Исполнительный механизм при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:

о. — открывает РО;

з. — закрывает РО;

н. — оставляет РО в неизменном положении.

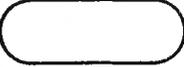
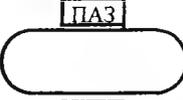
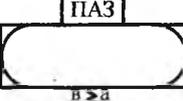
Таблица 12.Т2

**Основные графические обозначения в функциональных схемах («полевой» уровень)
по ГОСТ 21.404-85 и ISO 3511**

Наименование	Обозначение по ГОСТ 21.404-85	Обозначение по ISO 3511	Размер обозначения
Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту): основное обозначение допускаемое обозначение			Диаметр 10 мм Высота 10 мм, длина 15 мм или в соответствии с требованиями
Прибор, устанавливаемый на местном щите	Отсутствует		Диаметр кружка 10 мм
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте: основное обозначение допускаемое обозначение			То же
Средство автоматизации принадлежит приборной системе управления	Отсутствует		Высота 10 мм
Средство автоматизации принадлежит системе управления на базе вычислительной техники	Отсутствует		Высота 10 мм
Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов			То же
Отборное устройство внутри технологического аппарата			Диаметр кружка 2 мм
Исполнительный механизм. Общее обозначение			Диаметр 5 мм, длина 10 мм
Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала: открывает регулирующий орган			То же
закрывает регулирующий орган			То же
оставляет регулирующий орган в неизменном положении			То же
Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом <i>Примечание.</i> Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала			То же
Линия связи. Общее обозначение			ГОСТ 2.701-84 толщина 0,2-1,0 мм предпочтительно 0,3-0,4 мм
Пересечение линий связи без соединения друг с другом			То же
Пересечение линий связи с соединением между собой			То же

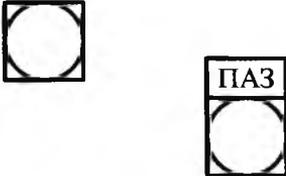
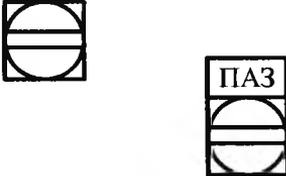
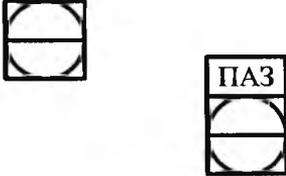
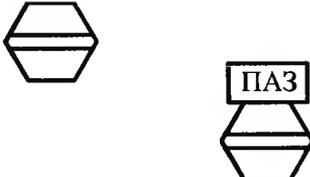
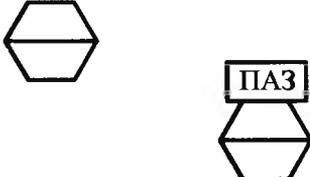
Таблица 12.Т2а

**Предлагаемые основные графические обозначения средств автоматизации
и вычислительной техники на схемах функциональных**

Наименование		АСУТП	Схема ПАЗ
Прибор, устанавливаемый по месту	Обычного типа		
	Интеллектуальный		
Прибор, устанавливаемый на местном щите	Обычного типа		
	Интеллектуальный		
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте	Обычного типа		
	Интеллектуальный		
Допустимое обозначение прибора (обобщенный вид)	Обычного типа		
	Интеллектуальный		
Исполнительный механизм при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:	Открывает регулирующий орган	Обычного типа	
		Интеллектуальный	
	Закрывает регулирующий орган	Обычного типа	
		Интеллектуальный	
	Оставляет регулирующий орган в неизменном положении	Обычного типа	
		Интеллектуальный	

Предлагаемые графические обозначения функциональных контуров автоматизации

В контуре исполнения подружные элементы	Элементы контура размещены					
	в основном помещении				в специальном помещении (кроме элементов ПИП), на щите	
	за щитом		на щитовом щите			
	АСУТП	ПАЗ	АСУТП	ПАЗ	АСУТП	ПАЗ
Приборы обычного типа						

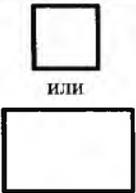
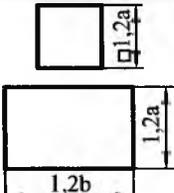
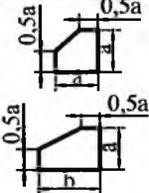
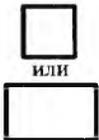
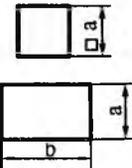
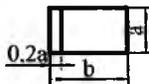
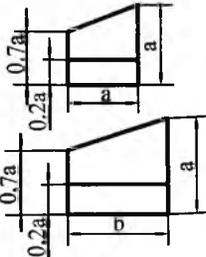
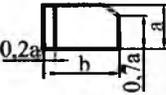
<p>Приборы интеллектуального типа</p>			
<p>Средства вычислительной техники</p>			

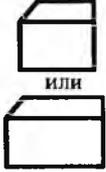
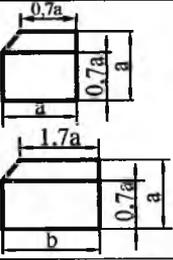
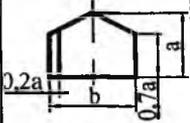
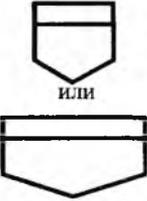
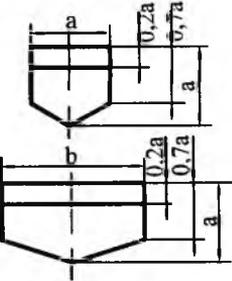
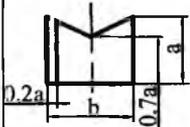
Примечания:

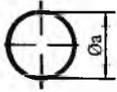
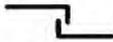
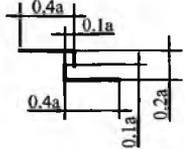
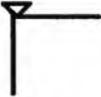
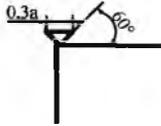
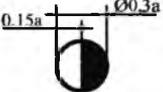
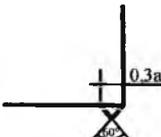
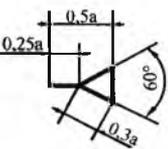
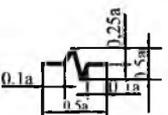
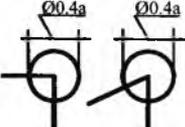
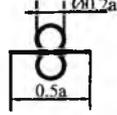
ПАЗ – система противоаварийной защиты.

ПИП – первичный измерительный преобразователь (устанавливается, как правило, в производственном помещении).

Условные графические обозначения технических устройств и знаков по ГОСТ 24.303-80

Наименование устройства	Обозначение		Наименование устройства	Обозначение	
	Изображение	Размеры		Изображение	Размеры
1. Комплекс устройств (общее обозначение)	 <p>или</p>		6. Кассовый аппарат	 <p>или</p>	
2. Устройство (общее обозначение)	 <p>или</p>		7. Цифровая вычислительная машина общего назначения		
3. Устройство терминальное	 <p>или</p>		8. Машина перфорационного вычислительного комплекса		

<p>4. Устройство регистрации и первичной обработки информации</p>	 <p>или</p>		<p>9. Специализированная вычислительная машина</p>		
<p>5. Устройство подготовки данных</p>	 <p>или</p>		<p>10. Аналоговая и аналого-цифровая машина</p>		

Наименование устройства	Обозначение		Наименование устройства	Обозначение	
	Изображение	Размеры		Изображение	Размеры
1. Управление			9. Сопряжение		
2. Ввод с машинного носителя			10. Индикация (общее обозначение)	ИН или 	
3. Вывод на машинный носитель			11. Индикация на электронно-лучевой трубке	ЭЛТ или 	
4. Вычисление			12. Ввод-вывод графической информации		
5. Печать			13. Копирование документации		

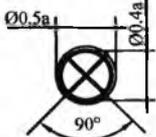
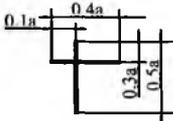
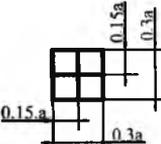
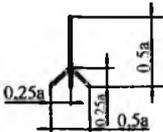
6. Защита от ошибок			14. Хранение информации в оперативном запоминающем устройстве		
7. Коммутация			15. Хранение информации в постоянном запоминающем устройстве		
8. Концентрация					

Таблица 12.Т4

**Основные буквенные обозначения измеряемых величин
и функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404-85 и ISO 3511/2**

Обозначение	Измеряемая величина (группа 1)		Функциональный признак прибора (группа 2)		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Образование информации	Формирование вых.данных сигнала	Дополнительное значение
A	+	-	Сигнализация/Alarm	-	-
B	+	-	-	Автоматическое регулирование, управление/ Controlling	-
C	+	-	-		-
D	Плотность/ Density	Разность, перепад/ Difference	-	-	-
E	Электрическая величина (конкретная величина)/ Electrical variable	-	-	Приемный (чувствительный) элемент/ Sensing element	-
F	Расход, производительность/Flow-rate	Соотношение, доля, дробь/ Ratio	-	-	-
G	Размер, положение, перемещение, длина/Gauging, position or length	-	+	-	-
H	Ручное воздействие/ Hand (manually initiated) operated	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины/High
I	+	-	Показание/ Indicating	-	-
J	+	Автоматическое переключение, обегание/ Scan	-	-	-

Продолжение таблицы 12.Т4

Обозначение	Измeряемая величина (группа 1)		Функциональный признак прибора (группа 2)		
	Символическое обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
K	Время, временная программа/Time or time programme	—	—	Станция (устройство) управления/Contactor	—
L	Уровень/Level	—	—	—	Нижний предел измеряемой величины/Low
M	Влажность/Moisture or humidity	—	—	Мотор/Motor	—
N	+ / User's choice	—	—	— / +	—
O	+ / User's choice	—	Оптосигнал «да», «нет»/Signal «Yes», «No»	—	—
P	Давление, вакуум/Pressure or vacuum	—	—	— / Test-point connection	—
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т. п. (конкретная величина)/Quality for example: analysis, concentration, conductivity (only not D, M, V)	Интегрирование, суммирование по времени/Integrate or totalize	—	/ Integrating or summing	—
R	Радиоактивность (конкретная величина)/Nuclear radiation	—	Регистрация/Recording	—	—

Окончание таблицы 12.Т4

Обозначение	Измеряемая величина (группа 1)		Функциональный признак прибора (группа 2)		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее принадлежность величины	Изображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительные функции
S	Скорость, частота/Speed or frequency	—	—	Включение, отключение, переключение, блокировка/ Switching	—
T	Температура/ Temperature	—	—	Измерительный преобразователь, бесшкальный/ Transmitting	—
U	Несколько разнородных измеряемых величин/ Multivariable	—	—	— / Multi-function unit	—
V	Вязкость/ Viscosity	—	—	Функция управляющего устройства/Valve, damper, louvre, actuating element, unspecified correcting unit	—
W	Масса/Weight or force	—	—	—	—
X	Нерекомендуемая резервная буква/Unclassified variables	—	—	— / Unclassified functions (for example cathode-ray tube)	—
Y	+ / User's choice	—	—	Устройство вычисления, преобразование/Computing relay, relay	—
Z	+	—	—	Аварийное воздействие/ Emergency or safety acting	—

Примечание. «+», «-» — выбор пользователя.

Типовые буквенные сочетания

Устройство и функция	Буква группы 2	Наименование	Группа 1 – первая буква (с дополнительным обозначением)									Группа 2	
			T	P (РД)	F	L	Д	Q/A	G/Z/Y	H	U	V	
			темпера- тура	давление, вакуум, перепад давления	расход	уровень	плотность	качество, концен- трация, анализ	размер, поло- жение, событие	ручное воздей- ствие	несколько различных величин	исполни- тельное устрой- ство	
Полевое средство автоматизации													
Устройство	M	Закладное устройство (ЗУ)	TM	PM PDM	FM	LM	DM	—	GM	—	UM	—	
	P	Отборное устройство (ОУ)	—	PP PDP	FP	LP	DP	QP	—	—	UP	—	
	W	Защитная арматура (гильза)	TW	—	FW	LW	DW	QW	GW	—	UW	—	
	G	Указатель визуальный стеклянный	TG	PG PDG	FG	LG	—	QG	GG	HG	—	VG	
	E	Элемент первичный чувствительный	TE	PE PDE	FE	LE	DE	QE	GE	—	UE	—	
Обработка	Q	Интегрирование, суммирование	QA	PQ PDQ	FQ	LQ	DQ	QQ	GQ	—	UQ	—	
	Y	Преобразование, вычисление	TY	PY PDU	FY	LY	DY	QY	GY	—	GY	—	
	U	Обобщенная функция	TU	PU PDU	FU	LU	DU	QU	GU	HU	UU	—	
Представ- ление	I	Показание	TI	PI PDI	FI	LI	DI	QI	GI	—	UI	VI	
	R	Регистрация	TR	PR PDR	FR	LR	DR	QR	GR	—	UR	VR	
	A	Индикация, сигнализация	TA	PA PDA	FA	LA	DA	QA	GA	HA	UA	VA	
Воздействие	C	Автоматическое регулирование	TC	PC PDC	FC	LC	DC	QC	GC	HC	UC	—	
	S	Датчик-реле, блокировка	TS	PS PDS	FS	LS	DS	QS	GS	HS	US	VS	
	CV	Регулирование (регулятор) прямого действия	TCV	PCVPDCV	FCV	LCV	DCV	QCV	GCV	HCV	UCV	VCV	
	K	Переключатель управления	TK	PK PDK	FK	LK	DK	QK	GK	HK	UK	VK	
T	С передачей сигнала, трансмиттер	TT	PT PDT	FT	LT	DT	QT	GT	—	UT	VT		

Устройство и функция	Буква группы 2	Наименование	Группа 1 – первая буква (с дополнительным обозначением)									Группа 2
			Т	Р (РД)	F	L	Д	Q/A	G/Z/Y	H	U	V
			температура	давление, вакуум, перепад давления	расход	уровень	плотность	качество, концентрации, анализ	размер, положение, событие	ручное воздействие	несколько различных величин	исполнительное устройство
Вторичное устройство, прибор вторичный												
Обработка	Q	Интегрирование, суммирование	QA	PQ РДQ	FQ	LQ	ДQ	QQ	GQ	—	UQ	—
	Y	Преобразование, вычисление	TY	PY РДY	FY	LY	ДY	QY	GY	—	GY	—
	U	Обобщенная функция	TU	PU РДУ	FU	LU	ДУ	QU	GU	HU	UU	—
Представление	I	Показание	TI	PI РДИ	FI	LI	ДИ	QI	GI	—	UI	—
	R	Регистрация	TR	PR РДR	FR	LR	ДR	QR	GR	—	UR	—
	A	Сигнализация	TA	PA РДА	FA	LA	ДА	QA	GA	HA	UA	—
Воздействие	C	Регулирование	TC	PC РДС	FC	LC	ДС	QC	GC	HC	UC	—
	S	Блокирование	TS	PS РДС	FS	LS	ДС	QS	GS	HS	US	—
	B	Управление	TB	PB РДВ	FB	LB	ДВ	QB	GB	HB	UB	—
T	Трансляция, передача данных	TT	PT РДТ	FT	LT	ДТ	QT	GT	—	UT	—	

Примечание. Исполнительное устройство управления или регулирования (буква V группы 2) физической величины (первая буква группы 1 возможна с дополнительным обозначением) отнесена условно к буквам группы 1, как полевое средство автоматизации. Так, показание положения исполнительного устройства для температуры имеет буквенное обозначение TV1, сигнализация состояния исполнительного устройства регулирования давления – PVA, передача сигнала о состоянии исполнительного устройства для уровня – LVT.

Таблица 12.Т6

Дополнительные буквенные обозначения по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
1. Род энергии сигнала:	
– электрический	E
– пневматический	P
– гидравлический	G
2. Виды форм сигнала:	
– аналоговый	A
– дискретный	D
3. Операции, выполняемые вычислительным устройством:	
– суммирование	Σ
– умножение сигнала на постоянный коэффициент k	k
– перемножение двух и более сигналов друг на друга	\times
– деление сигналов друг на друга	$:$
– возведение величины сигнала f в степень n	f^n
– извлечение из величины сигнала корня степени n	$\sqrt[n]{\quad}$
– логарифмирование	lg
– дифференцирование	dx/dt
– интегрирование	\int
– изменение знака сигнала	$x(-1)$
– ограничение верхнего значения сигнала	max
– ограничение нижнего значения сигнала	min
4. Связь с вычислительным комплексом:	
– передача сигнала на ЭВМ	B_i
– вывод информации с ЭВМ	B_o

Примечание. При построении условных обозначений преобразователей сигналов, вычислительных устройств надписи, определяющие вид преобразования или операции, осуществляемые вычислительным устройством, наносят справа от графического обозначения прибора.

Таблица 12.Т7

Таблица контуров автоматизации

Номер контура					
Номер чертежа/листа					
Значение параметра					
Вид связи параметра с ВТ					

дополнительные графы

Таблица 12.Т8

Условные буквенно-цифровые обозначения входных/выходных сигналов

Сигнал	Значение сигнала, градуировка	Условные буквенно-цифровые обозначения	Примечание
Аналоговый входной			
Унифицированный токовый	± 5 мА 0–5 мА	Ai 1	Возможно объединять с Ai 2
	± 20 мА 0–20 мА 4–20 мА	Ai 2	
Унифицированное напряжение	± 100 мВ 0–500 мВ 0–1 В	Ai 3	Возможно объединять с Ai 4
	0–5 В 0–10 В	Ai 4	
От преобразователя термоэлектрического (термопары)	ХА (К) ХК (L) ПП (S) (R) ПР (В)	Ai 5	Вместо Ai 5 можно указать Ai ХА, Ai ХК, Ai К, Ai L, Ai ПП и т. д.
От термопреобразователя сопротивления (термометра сопротивления)	50 Ом, 100 Ом, CU50, CU100, 50 П, 100 П, Pt 50, Pt 100	Ai 6	Можно указывать Ai ТСМ или Ai ТСП
От датчика взаимной индуктивности (дифтрансформаторный датчик)	0–10 мГн	Ai 10	
От трансформатора тока	0–1 А 0–5 А	Ai 7	
От трансформатора напряжения	0–100 В	Ai 8	
Аналоговый выходной			
Унифицированный токовый	0–20 мА	АО 2	
	4–20 мА		
Унифицированное напряжение	0–5 В	АО 4	
	0–10 В		

Окончание табл. 12.Т8

Сигнал	Значение сигнала, градуировка	Условные буквенно-цифровые обозначения	Примечание
Дискретный входной			
Питание от внутреннего источника вторичного прибора или СВТ	= 24 В	Di 1	
	= 48 В	Di 2	
	~ 120 В	Di 3	
	~ 250 В = 220 В	Di 4	
Питание от внешнего источника	= 24 В	DiA 5	
	= 48 В	DiA 6	
	~ 120 В	DiA 7	
	~ 250 В = 220 В	DiA 8	
Дискретный выходной			
Питание от внутреннего источника вторичного прибора или СВТ	= 24 В	DO 1	
	= 48 В	DO 2	
	~ 120 В	DO 3	
	~ 250 В = 220 В	DO 4	
Входной/выходной сигнал полевой сети (пример)			
HART		HART	Буквенное обозначение привести на поле чертежа
PROFIBUS DP		DP	
FF		FF	
ASI		ASI	

Таблица 12.Т9

Рекомендуемая толщина линий в схемах функциональных автоматизаций

Наименование линии	Диапазон	Толщина линий, мм																		
		0	0,5	1,0	1,5															
Контур технологического оборудования	0,2–0,5 (0,3–0,5)																			
Технологический трубопровод	0,5–1,5 (1,1–1,5)																			
Контур прибора, средства автоматизации, вычислительной техники	0,5–0,6 (0,55–0,6)																			
Щит, пульт, комплексное устройство	0,5–1,0 (0,7–1,0)																			
Связь между СА и ВТ	0,2–0,3 (0,25–0,3)																			
Выноска	0,2–0,3 (0,2–0,25)																			



— предпочтительная толщина линий

() — предпочтительный диапазон толщины линий

Таблица 12.Т10

Высота буквенно-цифрового обозначения

Наименование обозначения	Высота обозначений, мм	
	Цифра	Буква
Позиция	3,5	2,5
Позиционное обозначение (электрооборудование)	3,5	3,5
Надпись, текст	3,5–5,0	3,5–5,0

Глава 13. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

	Лист
13.1. Общие требования	13–1
13.2. Порядок разработки схемы.....	13–2
13.3. Правила выполнения схем.....	13–4
13.4. Обозначения в электрических схемах	13–5
13.4.1. Условные графические обозначения.....	13–5
13.4.2. Буквенно-цифровые обозначения	13–6
13.4.3. Обозначение функциональных групп.....	13–7
13.4.4. Обозначение позиционного расположения.....	13–8
13.4.5. Обозначение электрического контакта.....	13–8
13.4.6. Адресное обозначение	13–9
13.4.7. Обозначение цепей/маркировки цепей.....	13–9
13.5. Электрические цепи.....	13–11
13.5.1. Виды электрических цепей.....	13–11
13.5.2. Цепь измерения.....	13–12
13.5.3. Цепь контроля.....	13–13
13.5.4. Цепь сигнализации	13–13
13.5.5. Цепь управления	13–20
13.5.5.1. Принципиальная электрическая схема управления нереверсивным электродвигателем	13–23
13.5.5.2. Принципиальная электрическая схема управления реверсивным электродвигателем механизма длительного действия	13–26
13.5.5.3. Принципиальная электрическая схема управления реверсивным электродвигателем механизма, регулирующим или переключающим поток	13–26
13.5.6. Цепь регулирования.....	13–27
13.5.7. Цепь блокировки.....	13–27
13.5.8. Цепь защиты.....	13–27
13.6. Принципиальная электрическая схема питания АСУТП	13–29
13.6.1. Питающая сеть АСУТП	13–29
13.6.2. Надёжность электроснабжения.....	13–30
13.6.3. Распределительная сеть	13–32
13.6.3.1. Цепи питания средств автоматизации	13–33
13.6.3.2. Цепи питания внешнего освещения щитов АСУТП	13–33
13.6.3.3. Электродвигатели исполнительных механизмов и электроприводы задвижек	13–33
13.6.4. Выбор аппаратов управления и защиты.....	13–35
13.6.4.1. Выключатели, переключатели.....	13–35
13.6.4.2. Предохранители	13–36
13.6.4.3. Автоматические выключатели	13–36
13.6.4.4. Магнитные пускатели	13–38
13.6.4.5. Условия выбора аппаратов.....	13–38
13.6.5. Выполнение принципиальных электрических схем питания.....	13–39
13.7. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	13–41
13.8. Технический материал, использованный в данной главе.....	13–42
13.9. Перечень основных терминов, применённых в данной главе	13–42

Перечень приложений

13.Пр1. Выписка из «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540-03	13—44
--	-------

Перечень рисунков

13.Р1. Времятоковые характеристики выключателей с тепловыми и электромагнитными максимальными расцепителями.....	13—48
13.Р2. Времятоковые характеристики селективных выключателей с полупроводниковыми максимальными расцепителями	13—48
13.Р3. Данные электрической цепи питания при однолинейном изображении	13—49

Перечень схем

13.Сх1. Цепи измерения	13—50
13.Сх2. Разновидности схем сигнализации	13—51
13.Сх3. Схема предупредительной и аварийной технологической сигнализации.....	13—52
13.Сх4. Схема сигнализации состояния электродвигателя механизма длительного действия	13—54
13.Сх5. Схема сигнализации положения реверсивного механизма регулирующего или переключающего поток	13—55
13.Сх6. Схема командно-предупредительной сигнализации двустороннего действия	13—57
13.Сх7. Схема командной сигнализации одностороннего действия	13—58
13.Сх8. Блок-схема режимов управления электроприводом	13—59
13.Сх9. Нереверсивный электродвигатель. Схемы управления.....	13—60
а) Местное управление.....	13—60
б) Дистанционное управление.....	13—60
в) Дистанционное управление с блокировкой.....	13—60
г) Автоматическое управление	13—60
д) Автоматическое управление с блокировкой	13—61
е) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском	13—61
е1) С дополнительным переключателем SA1 на две позиции	13—61
е2) С измененным переключателем SA	13—61
13.Сх10. Реверсивный электродвигатель механизма длительного действия. Схемы управления	13—62
а) Местное управление.....	13—62
б) Дистанционное управление.....	13—63
в) Дистанционное управление с блокировкой.....	13—64
г) Автоматическое управление	13—65
д) Автоматическое управление с блокировкой.....	13—66
е1) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском и с дополнительным переключателем SA1 на две позиции	13—67
е2) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском с измененным переключателем SA	13—68
13.Сх11. Реверсивный электродвигатель механизма регулирующего или переключающего поток. Схемы управления	13—69
13.Сх12. Управление задвижкой с электроприводом с двусторонними муфтами ограничения крутящего момента.	
а) «Тулаэлектропривод»	13—74
б) ОАО «Прибор».....	13—75

13.Сх13. Дистанционное управление электроприводом «ELESYB» с использованием БУР (модификация Д-024) фирмы «ЭлеСи», г. Томск.....	13–76
13.Сх14. Дистанционное управление регулирующим приводом «ROTORK IQM»	13–77
13.Сх15. Дистанционное управление регулирующим приводом «LIMITORQUE»	13–79
13.Сх16. Дистанционное управление регулирующим приводом «AUMA»	13–81
13.Сх17. Автоматическое аналоговое регулирование приводом «ROTORK IQM»	13–83
13.Сх18. Автоматическое аналоговое регулирование приводом «LIMITORQUE»	13–85
13.Сх19. Противоаварийная защита механизма длительного действия	13–87
13.Сх20. Противоаварийная защита реверсивного механизма перекрывающего поток	13–89
13.Сх21. Распределительная сеть питания АСУТП	13–90
13.Сх22. Схема защиты сети АСУТП	13–99
13.Сх23. Схема питания электроприемников распределительной сети АСУТП	13–100
13.Сх24. Питающая сеть АСУТП	13–101

Перечень таблиц

13.Т1. Перечень используемых стандартов.....	13–103
13.Т2. Основные графические обозначения в схемах АСУТП.....	13–104
13.Т3. Обозначение квалифицирующего символа	13–111
13.Т4. Буквенные коды функционального назначения элементов	13–112
13.Т4а. Буквенные коды видов элементов.....	13–113
13.Т5. Таблица состояния сигнальных элементов в различных схемах технологической сигнализации.....	13–117
13.Т6. Характеристика использования переключателя режимов управления электропроводом при различном местоположении	13–118
13.Т7. Условия срабатывания выключателей при работе в зоне короткого замыкания и зоне перегрузок в зависимости от установки по выдержке времени	13–119
13.Т8. Параметры, характеризующие аппараты защиты и питающую сеть/цепь электроприемников	13–120
13.Т9. Соотношение параметров защитных аппаратов, питающей сети и электроприемников для выбора аппаратов защиты и управления цепей....	13–123
13.Т10. Применение аппаратов управления и защиты в цепях электропитания АСУТП	13–125

13.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Принципиальные электрические схемы определяют действия аппаратов, устройств и приборов по обеспечению решения задач контроля, измерения, защиты, блокировок, сигнализации, управления и регулирования автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Принципиальные схемы позволяют проанализировать действия всей системы в целом, а также отдельных ее элементов и цепей во взаимосвязи их с другими цепями и элементами. Принципиальные схемы являются основанием для разработки других материалов проектной документации: общих видов щитов и пультов, схем соединений, подключений, спецификаций, сметных расчетов и др. Принципиальные схемы служат основным документом для наладки и эксплуатации отдельных цепей, схем и всей системы управления в целом.

Принципиальные электрические схемы по своей сути объединяют все виды функций АСУТП – измерение, контроль, сигнализация, блокировка, регулирование, защита, управление. Поэтому разработка принципиальных электрических схем предполагает выполнение требований к созданию АСУТП, изложенных в главе 5.

Отдельные самостоятельные приборы, установки, устройства и участки предполагают создание для них принципиальных электрических схем. Отдельные схемы, как правило, объединяются в принципиальные электрические схемы, которые охватывают комплекс приборов, установок и устройств, составляющих техническое обеспечение АСУТП.

Принципиальные электрические схемы АСУТП должны дать полное представление о функциональной работоспособности АСУТП, о связях между собою всех элементов контроля, сигнализации, защиты, блокировок и управления.

Элементарные электрические цепи, объединенные в общую принципиальную электрическую схему в процессе проектирования, проходят итеративные доработки с целью четкого выполнения требований к системе, упрощения схем, их минимизации.

Разработчик схем с применением разнообразных программ САПР или без них ограничен рядом проектных, закупочных и эксплуатационных требований.

Среди ограничений, налагаемых на разработку электрических схем, отметим следующие:

- система электропитания на проектируемом объекте управления;
- род тока и величина напряжения;
- электрические схемы электрооборудования, включаемого в электросхемы АСУТП для контроля, сигнализации, защиты, блокировки и управления (имеющиеся на объекте или выбранного в части ЭМ проекта);
- наличие конкретных средств автоматизации (датчиков, исполнительных механизмов и др.) на реконструируемом ТОО;
- места установки элементов электросхем (щиты, помещения, наружные установки);
- взрыво- и пожароопасность помещений и наружных установок, в которых предполагается применение отдельных элементов АСУТП;
- особенности эксплуатации и режима работы АСУТП;

– предполагаемый к использованию банк средств автоматизации (датчиков, преобразователей, вторичных приборов, исполнительных механизмов, контроллеров, сигнальной и управляющей аппаратуры, релейно-контактной аппаратуры, диодов, транзисторов, источников питания и т. д.);

– предполагаемая сеть передачи данных, вид кабельной продукции.

С учетом наложенных ограничений принципиальная электрическая схема должна обеспечивать:

– безопасность работы технологического объекта управления;

– удобство применения предложенных схемой решений;

– безопасность обслуживания элементов электрической схемы;

– надежность выполнения функциональных действий технического обеспечения АСУТП;

– необходимое резервирование малонадежных или наиболее ответственных элементов и цепей;

– необходимые защитные внутрисхемные блокировки против ложных срабатываний;

– сокращение электропотребления и времени нахождения отдельных элементов схемы под напряжением;

– сокращение числа элементов в схеме и ограничение их номенклатуры;

– предотвращение развития аварийных ситуаций в цепях электросхемы.

Принципиальная электрическая схема должна содержать минимально необходимое число органов управления с простым и ясным их назначением по выбору режимов работы (автоматический, дистанционный, ручной) и управлению (пуск, стоп, вперед, назад, сьем звукового сигнала, опробование сигнализации и т. п.).

Во всех случаях принципиальная электрическая схема:

– должна быть выполнена ясно, четко;

– должна быть легко читаемой и иметь необходимые надписи, пояснения, примечания;

– должна содержать перечень элементов схемы в виде таблицы.

Перечисленное должно позволить легко проанализировать работу электросхемы, определить возможные неисправности в схеме и их последствия.

13.2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ

Разработка принципиальной электрической схемы является творческой работой, учитывающей имеющуюся библиотеку элементарных электрических цепей и функциональных узлов, вид и расположение элементов схемы, требования «Технического задания», требования функциональной схемы АСУТП, предполагаемый банк средств автоматизации и средств вычислительной техники.

Рекомендуемый порядок разработки электрических схем:

– анализ требований к созданию АСУТП;

– анализ требований к схеме со стороны схем функциональной и организационной структур АСУТП;

– установление типа электропитания;

– определение места расположения датчиков, преобразователей, исполнительных механизмов, регулирующих органов, условия взрыво- и пожаробезопасности в местах их установки;

– определение места расположения аппаратов вторичных цепей управления и контроля электрооборудования, связанного с работой принципиальной электрической схемы;

– определение места расположения сигнально-командной аппаратуры, которая будет функционировать в АСУТП;

– укрупненное определение условий и последовательности действий основных элементов и узлов схемы;

– подбор или разработка элементарных цепей для реализации функций АСУТП (измерение, контроль, блокировка, защита, сигнализация, управление);

– определение типа программируемого контроллера, средств ввода/вывода информации, сигнально-командного оборудования;

– определение типа релейно-контакторной аппаратуры для схем управления, защиты и блокировки;

– четкое представление территориально-пространственного расположения элементов, которые будут использованы в принципиальной электрической схеме, при этом выбранные типы оборудования АСУТП и элементарных цепей позволяют компоновать общую принципиальную электрическую схему, способную реализовать функциональные требования по созданию АСУТП;

– определение конкретных параметров электроаппаратов (числа и вида контактов, обмоток реле, питающих и защитных аппаратов и т. д.);

– выбор аппаратуры, входящей в принципиальную электрическую схему;

– корректировка электросхемы, связанная с выбором аппаратуры;

– проверка схемы с целью выяснения ложных и обходных цепей, анализ работы схемы при предполагаемых повреждениях элементарных цепей, контактов, источников питания;

– разработка окончательной принципиальной электрической схемы;

– в случае необходимости для сложных схем проведение экспериментальной проверки и отладки схемы на макетной или опытной установке;

– нанесение обозначений цепей, контактов;

– составление перечня элементов схемы по функциональным группам;

– оформление чертежа по принятой в организации форме.

Рекомендуемый порядок разработки электросхем достаточно традиционен, однако требует творческого подхода проектировщика, обладающего достаточным опытом разработки электросхем АСУТП.

Имеется в наличии и продолжает пополняться список программ для разработки электротехнической части проекта, в том числе с применением различных PLC (программируемых логических контроллеров).

Функциональные возможности программ различны, их описание не входит в объем данного «Пособия». Однако программы САПР по электротехническому проектированию недостаточно используются в практической проектной работе для АСУТП. Причинами этого, на наш взгляд, являются:

– высокая единичная стоимость программ и их модулей;

– большая стоимость обучения пользователей программ и модулей;

- недостаточная ориентация на аппаратурную базу современных АСУТП (особенно отечественного производителя);
- малая база данных по аппаратуре АСУТП;
- высокая трудоемкость при дополнении базы данных новыми аппаратами, что сказывается на сроках выполнения проектов;
- сложность адаптации программ для нужд конкретного проектировщика АСУТП;
- не все программные продукты русифицированы и не имеют в России серьезного сопровождения;
- специфичность выполнения документов в программах САПР, не всегда приемлемых изготовителями щитового оборудования и производителями монтажных работ на объекте.

На наш взгляд, одной из наиболее продвинутых программ является САПР «CADdy++электротехника».

13.3. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

В таблице 13.Т1 приведен перечень стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим изображениям элементов схем и обозначения цепей принципиальных электрических схем проектов АСУТП.

ГОСТ 2.701-84 посвящен классификации схем, общим требованиям к их выполнению и определению основных понятий, используемых в стандартах ЕСКД. Пунктом 1.3 ГОСТ определяется код принципиальной электрической схемы. Код состоит из буквенной части, соответствующей виду схемы – Э (электрическая) и цифровой части, соответствующей типу схемы – 3 (принципиальная или полная). Таким образом, код принципиальной электрической схемы обозначается Э3.

По ГОСТ 34.201-89 принципиальная электрическая схема имеет код СБ (см. главу 11).

Дополнительная таблица к принципиальной электрической схеме, выпускаемая как самостоятельный документ, имеет код ТЭЗ. В основной надписи такого документа указывают наименование схемы и наименование документа, например, «Перечень элементов» или «Характеристика входных и выходных цепей ПЛК (4)».

Разрешается выполнять схему на нескольких листах или вместо одной схемы Э3 выполнять совокупность схем Э3. При этом каждая схема оформляется как самостоятельный документ. В наименовании таких документов следует указывать наименование схемы и название функциональной группы или функциональной цепи (например, схема электрическая принципиальная питания ПЛК (4)). К коду схемы в обозначении добавляется через точку порядковый номер, выполненный арабскими цифрами (Э3.1, Э3.2 и т. д.).

Общие требования к выполнению схем изложены в разделе 11.2 «Пособия», которые необходимо учитывать при разработке принципиальных электрических схем (комплектность, формат, масштаб, линии связи, перечень элементов, текстовая информация).

В этом разделе конкретизируются правила выполнения принципиальных электрических схем в соответствии с ГОСТ 21.408-93.

13.4. ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

13.4.1. Условные графические обозначения

На схеме изображаются все электрические элементы и устройства, необходимые для выполнения функциональной задачи и осуществляющие электрические процессы, а также электрические связи между ними и входные/выходные элементы электрических цепей. Приведем скорректированные пояснения терминов, примененных в данном разделе.

Электрический элемент схемы – составная часть электрической схемы, которая выполняет определенную функцию в схеме и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельные назначения (резистор, трансформатор, автоматический выключатель, реле и т. п.).

Электрическое устройство – совокупность электроэлементов, представляющая единую конструкцию (шкаф, пульт, исполнительный механизм, соединительная коробка и т. п.).

Электрическая цепь – линия, канал, тракт определенного назначения (включение обмотки реле, питание электроприбора и т. п.).

Участок электрической цепи – часть линии, канала связывающая отдельные электрические элементы между собою.

Схема выполняется в состоянии, отключенном от источника электропитания и без внешнего воздействия на механические части электрических устройств и элементов. При необходимости **допускается** изображать элементы и устройства находящимися под внешней нагрузкой или при включенном электропитании с обязательным указанием об этом на поле чертежа.

Элементы и устройства на схеме изображаются в виде условных графических обозначений, которые приведены в таблице 13.Т 2 .

Элементы и устройства изображаются совмещенным или разнесенным способом, допускается частичное неполное изображение с показом только используемых частей элементов или устройств.

При **совмещенном способе** составные части элементов или устройств изображаются на схеме в непосредственной близости друг к другу.

При **разнесенном способе** составные части элементов или устройств изображаются на схеме в разных местах, что позволяет отдельные цепи изображать более наглядно.

В одной схеме возможно использовать одновременно оба способа изображения. При разнесенном способе рекомендуется на свободном поле чертежа помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещенным способом.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба (размеры условных графических обозначений устанавливаются ГОСТ 2.747-68* или в стандартах на соответствующие обозначения).

Пространственное положение устройств или элементов, как правило, не учитывается. Однако предпочтительным является изображение элементов и устройств функциональной группы или установки (щит, пульт, помещение, наружная установка и т. п.) в смежных цепях электросхемы с очерчиванием (выделением) штрих-

пунктирной линией и указанием наименования или обозначения функциональной группы, установки или помещения.

При разнесенном способе схемы ЭЗ, как правило, выполняются так называемым **строчным способом**.

Электрическая цепь изображается прямой линией, в которую последовательно (частично параллельно) включаются условные графические обозначения элементов или их составных частей. Отдельные цепи изображаются рядом, образуя тем самым параллельные строки. Строки могут быть вертикальными или горизонтальными. Строки не должны иметь изломов и иметь минимальное число пересечений. Так, например, электрическая схема питания обычно выполняется вертикальными строками.

Принципиальная электрическая схема с текстовыми пояснениями назначения цепей или наименованием отдельных элементов цепей (текстовые пояснения приводятся в прямоугольниках напротив электрической цепи) выполняется горизонтальными строками, так как текст удобнее размещать горизонтально.

Строки допускается нумеровать арабскими цифрами, что позволит упростить чтение схемы и нахождение отдельных составных частей элементов и устройств. Об этом будет сказано подробнее в разделе 13.4.2 «Буквенно-цифровые обозначения».

Схемы обычно выполняются в многолинейном изображении, когда каждая цепь изображается отдельной линией, а элементы цепи — отдельными условными графическими обозначениями.

Иногда, чаще всего для схемы питания, используют однолинейное изображение цепей, выполняющих идентичные функции, когда цепи изображаются одной линией, а одинаковые элементы этих цепей — одним графическим обозначением.

13.4.2. Буквенно-цифровые обозначения

ГОСТ 2.709-89 устанавливает систему обозначений и правила нанесения обозначений цепей в принципиальных электрических схемах.

ГОСТ 2.710-81 устанавливает систему обозначений электрических элементов, устройств, функциональных групп, изображенных на схеме ЭЗ.

Буквенно-цифровые (цифровые, буквенные) обозначения имеют целью идентифицировать каждый из элементов или устройств, показанных на схеме в графическом виде, дать краткие сведения о них (резистор R, конденсатор С, диод Д и т. п.), делать ссылки на них в перечне элементов, пояснениях, примечаниях, делать ссылки на других схемах (соединений, подключений). Кроме того, буквенно-цифровые обозначения, принятые в схеме ЭЗ, будут наноситься на элементы, фактически установленные на изделиях, изготовленных по данному проекту (провода, кабели, трубы и др.).

ГОСТ 2.710-81 устанавливает следующие типы условных буквенно-цифровых обозначений:

- высший уровень;
- функциональная группа;
- конструктивное расположение;

- позиционное расположение;
- электрический контакт;
- адрес.

Кроме перечисленных типов установлено составное обозначение.

В таблице 13.Т3 приведены типы условного буквенно-цифрового обозначения, их квалифицирующие символы, предназначение и применимость.

Допускается применять не установленные стандартом обозначения. Содержание и способ записи таких обозначений поясняют на поле схемы.

Для построения обозначений используют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры, а также квалифицирующие символы. Обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов. Количество знаков в обозначении стандартом не устанавливается.

Разработчик схемы ЭЗ определяет необходимость применения тех или иных типов обозначений. В принципиальных электрических схемах проектов АСУТП, как правило, применяются:

- позиционное обозначение элементов схем;
- обозначение электрического контакта;
- составное обозначение.

Обозначение высшего уровня – это дополнительное, но не обязательное обозначение, которое определяет более крупную часть объекта управления, чем данная часть этого объекта.

Обозначение конструктивного расположения предназначено для указания места любой части объекта в системе управления.

Обозначение конструктивного расположения применяется в АСУТП при выполнении структурной схемы комплекса технических средств и схемы автоматизации.

Присвоенное обозначение конструктивного расположения части объекта используется при разработке принципиальной электрической схемы.

Примером может служить схема измерения, схема ввода аналогового сигнала в модуль Ai контроллера ПЛК11 по схеме 17.Схб. На схеме указано обозначение первичного измерительного преобразователя по схеме автоматизации. Это обозначение привязано к расположению преобразователя, который, в свою очередь, привязан к части технологического объекта, а именно к насосному агрегату (211, 212).

Условное обозначение, состоящее более чем из одного условного обозначения различного типа и передающего совокупность сведений, составляющих его условных обозначений, называется **составным обозначением**.

Последнее (составное) обозначение образовывается из обозначения функциональной группы и позиционного обозначения, а также, возможно, обозначения электрического контакта.

13.4.3. Обозначение функциональных групп

Обозначение функциональной группы образуется из букв, в сокращенной форме указывающих назначение или функцию группы, и из цифры/цифр порядкового

номера данной группы в числе идентичных групп. Например, группа, которая входит в сферу действия программируемого логического контроллера № 2 или № 5, обозначается ≠ПЛК2 или ≠ПЛК5.

13.4.4. Обозначение позиционного расположения

Позиционные обозначения элементов и устройств присваиваются в пределах каждой электрической схемы, начиная с единицы в пределах группы элементов или устройств, которым на схеме присваивается одинаковое буквенное позиционное обозначение (R1, R2, R3 и т. д., C1, C2, C3 и т. д.).

Позиционное обозначение элемента состоит в общем случае из трех частей, записываемых без разделительных знаков и пробелов, и указывающих:

- вид элемента;
- номер элемента;
- функцию элемента.

При этом первые две части являются обязательной частью условного буквенно-цифрового обозначения, а третья часть (функция элемента) не обязательна.

Вид элемента имеет двухбуквенный код в соответствии с таблицей 13.Т4А. Элементы разбиты на группы по видам, имеющим однозначное обозначение (А, В, С, D и т. д.) – таблица 13.Т4.

Уточнение вида элемента производится присвоением двухзначного кода.

Порядковые номера присваиваются в зависимости от:

– последовательности расположения элементов или устройств на схеме слева направо при горизонтальных строках и сверху вниз при вертикальных строках и далее по направлению строк;

- размещения элементов в щитах, пультах, помещениях;
- направления прохождения сигналов;
- функциональной последовательности процесса.

При внесении изменений в ранее выпущенную схему последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена. Если устройство, изображенное на схеме, не имеет самостоятельной принципиальной электрической схемы, то позиционные обозначения элементов присваиваются в пределах данного устройства в порядке, изложенном выше.

Функция элемента (если разработчик считает ее необходимым указывать) имеет буквенный код по таблице 13.Т4А с цифровым или буквенным дополнением, которое поясняется на поле схемы.

В перечне элементов схемы можно указывать лишь первую и вторую части обозначения.

13.4.5. Обозначение электрического контакта

Обозначение электрического контакта состоит из комбинации букв и цифр. Обозначение контакта должно соответствовать его маркировке на изделии или маркировке, указанной в документации на изделие. Если обозначения контактам присваивают при разработке проекта, то их обозначают номерами. Допускается обозначать номерами конструктивные группы контактов.

Для отличия на схеме обозначений выводов электрических контактов от других обозначений (электроцепей и др.) следует записывать обозначения выводов с соответствующим квалифицирующим символом (см. таблицу 13.Т3); на принципиальных электрических схемах указывают условные точки около выводов от элемента с обозначением номеров контактов.

13.4.6. Адресное обозначение

Адресное обозначение — условное обозначение состоит из трех частей:

- обозначение документа, с которым сопрягается данный документ;
- обозначение номера листа указанного документа;
- адрес части листа документа, с которым сопрягается данный элемент.

Все части адресного обозначения записываются в скобках в указанном порядке и отделяются друг от друга точками. Адрес части листа соответствует либо номеру строки, либо обозначению зоны листа, где расположено изображение или описание элемента или группы.

Зона листа определяется полем листа схемы, обозначение поля по вертикали осуществляется буквами латинского алфавита, а по горизонтали — арабскими цифрами (например, А5, В1, С4 и т. п.).

13.4.7. Обозначение цепей/маркировка цепей

ГОСТ 2.709-89 устанавливает систему обозначений и правила нанесения обозначений цепей (силовых, управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения) в электрических схемах. Обозначение участков цепи служит для их опознавания и отражает их функциональное назначение в электрической схеме.

Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разные обозначения, а участки, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения — одинаковые.

При разработке принципиальных электрических схем АСУТП используются два способа обозначения электрических цепей или маркировки цепей:

- потенциальный;
- адресный или встречный.

Потенциальный способ маркировки цепей исходит из того положения, что все цепи, имеющие одинаковый потенциал, т. е. цепи, сходящиеся в одном узле электрической схемы или проходящие через разъемные контактные соединения, должны иметь одинаковые обозначение/маркировку.

При потенциальной маркировке участки цепей обозначаются независимо от обозначения или нумерации клемм, зажимов, контактов и т. п., к которым присоединяются концы маркируемых участков цепей. Последовательность обозначения осуществляется от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки — сверху вниз в направлении слева направо.

Для обозначения используют прописные буквы латинского алфавита и арабские цифры, выполненные одним размером шрифта. Не рекомендуется применять

буквы I и O. Для удобства пользования схемой допускается при обозначении цепей оставлять резервные номера или же пропускать номера.

Для силовых цепей переменного тока приняты обозначения L1, L2, L3 и последовательные числа. Например, участки цепи первой фазы L1 обозначают L11, L12, L13, ..., второй фазы L2—L21, L22, L23, ..., третьей фазы L3—L31, L32, L33 и т. д. Допускается, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначать 1, 2 и 3-ю фазы соответственно буквами А, В, С. Нейтральный провод обозначают буквой N.

Силовые цепи постоянного тока обозначают: участки цепей положительной полярности — нечетными числами, отрицательной полярности — четными числами.

Входные и выходные участки цепи обозначают с указанием полярности плюс «L+» и минус «L-». Допускается применять только знаки «+» и «-». Средний провод обозначают буквой M.

Допускается обозначать цепи последовательными числами.

Цепи управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения обозначают последовательными числами в пределах изделия или установки.

Допускается в обозначение цепи включать обозначение, характеризующее функциональное назначение цепи. В этом случае последовательность чисел допускается устанавливать в пределах функциональной цепи.

Допускается в обозначения цепей управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения включать обозначения фаз, например, А 401, С 401, а также в 1-фазных (фаза-ноль) и 2-фазных (фаза-фаза) несиловых цепях переменного тока участки цепей обозначать четными и нечетными числами.

Маркировку цепей в АСУТП следует производить по функциональному признаку (например):

- цепи управления, регулирования — группа чисел от 1 до 399;
- цепи сигнализации — 400—799;
- цепи питания — 800—999.

Обозначение проставляют около концов или в середине участка цепи: при вертикальном расположении цепей — слева от их изображения, при горизонтальном — над изображением цепи. В технически обоснованных случаях разрешается проставлять обозначения под изображением цепи.

Адресный или встречный способ маркировки учитывает то обстоятельство, что электрическая схема имеет обозначение зажимов, выводов элементов, средств автоматизации. Это позволяет на каждом конце участка цепи указывать марку элемента или средства автоматизации, присоединяемого к противоположному концу данного участка, определяемых по ГОСТ 2.710-81.

Способ обозначения электрической цепи определяется разработчиком схемы с учетом сложности схемы, сложности выполнения и объема монтажной схемы и требований предприятий-изготовителей щитов, пультов и монтажных организаций.

Потенциальный способ маркировки, как правило, применяется при разработке несложных схем, предполагающих небольшие схемы коммутации, выполняемые графическим способом по данной электрической схеме.

Некоторые предприятия-изготовители щитовой продукции используют адресный/встречный метод маркировки или табличный метод, при котором по определенной форме записываются либо адрес начала и конца участков цепи, либо одновременно марка электроцепи и адрес начала и конца участков цепи.

13.5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

13.5.1. Виды электрических цепей

Элементарные или отдельные электрические цепи по назначению можно разделить на следующие виды:

- измерения;
- контроля;
- сигнализации;
- защиты;
- блокировки;
- управления;
- регулирования;
- питания.

В нормативных документах имеется перечень цепей, но отсутствуют определения видов электрических цепей. Иногда смешиваются понятия цепей контроля и измерения, защиты и блокировки, сигнализации и контроля.

Ниже приводятся определения видов электроцепей, которые отражают функциональное назначение цепей в электрических схемах АСУТП.

Электрическая цепь измерения параметра — электрическая цепь передачи электрического сигнала, пропорционального величине измеряемого параметра технологического процесса.

Электрическая цепь контроля параметра — электрическая цепь передачи дискретного электрического сигнала о достижении измеряемым параметром определенного значения или об изменении положения элемента, который контролирует состояние аппарата или устройства.

Электрическая цепь сигнализации — электрическая цепь светового и/или звукового сигнала, полученного из цепей контроля параметра, цепей защиты, управления, регулирования.

Электрическая цепь защиты — электрическая цепь с установленным в ней устройством (аппаратом) защиты, которое служит для безусловного автоматического отключения или включения данной электрической цепи при возникновении аварийной ситуации в технологическом или электрическом оборудовании.

Электрическая цепь блокировки — электрическая цепь с установленными в ней элементами, которые предотвращают или ограничивают выполнение операций в одной из цепей управления, регулирования, сигнализации в целях предупреждения возникновения в этой цепи недопустимых состояний при определенных состояниях или положениях элементов в другой электрической цепи.

Электрическая цепь управления — электрическая цепь, по которой передаются сигналы включения/отключения электрооборудования, электроприемника.

Электрооборудование – это совокупность электрических устройств, объединенных общими признаками (назначением, условиями применения, принадлежностью к объекту или электрическому/технологическому агрегату).

Электроприемник по пункту 1.2.8 ПУЭ – аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Электроприемником может быть электродвигатель, блок бесперебойного питания, прибор, сигнальная лампа, реле электромагнитное, трансформатор силовой, стабилизатор напряжения, магнитный пускатель, преобразователь полупроводниковый, контактор, исполнительный механизм, автоматический регулятор и т. д.

Электрическая **цепь регулирования** – форма электрической цепи управления, предназначенная для автоматического поддержания заданной величины параметра путем выявления и устранения отклонений величины параметра либо путем изменения параметра по заданной программе.

Электрическая **цепь питания АСУТП** – электрическая цепь, предназначенная для обеспечения электроэнергией электрооборудования, электроприемников и технических средств АСУТП.

Цепи электрического питания рассмотрены в разделе 13.6.

В конкретных принципиальных электрических схемах некоторые электрические цепи могут быть отнесены к различным видам цепей.

Виды электрических цепей освещены в подразделах данного раздела, примеры видов цепей приведены на соответствующих схемах, относящихся к подразделам.

13.5.2. Цепь измерения

В данном разделе рассматриваются цепи передачи электрического сигнала от первичного прибора, датчика до входных клемм вторичного прибора или средств ввода информации ВТ.

Цепи измерения корреспондируются с одной стороны с выходными элементами/клеммами первичного прибора или средства измерения и с клеммами различного рода преобразований, ограничителей напряжения, гальванической развязки, а также вторичных приборов, средств вычислительной техники – с другой стороны.

Конкретные схемы соединений различных средств автоматизации и вычислительной техники, подключения цепей измерения к их входным/выходным элементам полностью зависят от выбранных средств автоматизации.

По цепям измерения передаются следующие виды сигналов по ГОСТ 26.011-80:

– 1–10 В с возможными уровнями сигналов в пределах 0–60 мВ до 0–20 В;

– 0(4)–20 мА;

– датчик температуры (термометр сопротивления) по 2-, 3-, 4-проводной схеме с диапазоном температур по ГОСТ 6651-94;

– термопары различных типов, согласно ГОСТ 6616-94, ГОСТ Р 8.585-2001;

– линейные мВ – сигналы в диапазоне от – 20 мВ до – 2400 мВ;

– сопротивление (двухпроводная схема), потенциометр (трёхпроводная схема) в диапазоне до 8 кОм;

– ток постоянный или переменный в диапазоне 0,2–5 А;

Кроме перечисленных сигналов могут передаваться сигналы:

– с HART-протоколом;

- частотные в диапазоне от 0,1 Гц до 120 кГц;
- с SSI-интерфейсом.

С HART-протоколом (Highway Addressable Remote Transducer) знакомит статья В. Половинкина в журнале СТА «Современная технология и автоматизация» 2002, №1.

Сведения об интерфейсе SSI (Synchronous Serial Interface) изложены в статье В. Жданкина в журнале СТА 2004, № 1.

Элементарные цепи измерения показаны на схеме 13.Сх1.

Как видно большинство цепей являются двухпроводными. Лишь подключение термометров сопротивления возможно по 2-, 3-, 4-проводной схеме, а в цепях измерения с использованием SSI-интерфейса задействованы три витых пары проводов.

Таким образом, цепи измерения в графическом плане особого интереса не представляют, поэтому целесообразнее цепи измерения изображать не в принципиальной электросхеме, а непосредственно на схемах соединения и схемах подключения.

Такие виды схем рассмотрены в 14 и 15 главах «Пособия».

13.5.3. Цепь контроля

Цепь контроля характеризуется тем, что в определенный момент изменения величины параметра или положения механического предмета элемент контроля замыкает электрическую цепь, в которой лавинообразно нарастает ток, достаточный для срабатывания приемного элемента, или размыкает электрическую цепь, в которой ток снижается до величины, достаточной для отключения приемного элемента.

В качестве элемента контроля может быть применен «сухой контакт» средства автоматизации или командоаппарата, транзистор, управляемый диод, оптрон, индуктивный или емкостный датчик и т. д.

Большинство цепей контроля являются двухпроводными цепями. Исключение составляют цепи PNP или NPN постоянного тока, имеющие в цепи три провода.

В связи с изложенным, принципиальная электрическая цепь контроля графически проста и отличается от других цепей контроля маркировкой (обозначением) входных и выходных элементов и проводов цепи.

Поэтому в проекте АСУТП выполнять принципиальную электрическую схему контроля нецелесообразно, все необходимые для проектирования данные указываются на схемах соединения и подключения.

Во многих случаях системы автоматизации содержат релейные схемы сигнализации, защиты и управления, в которые составными элементарными цепями входят цепи контроля. В этом случае цепи контроля изображаются в составе соответствующей принципиальной электрической схемы.

13.5.4. Цепь сигнализации

Цепь сигнализации в некоторых случаях трудно отделить от других цепей – управления, защиты, регулирования или контроля.

Вместе с тем из цепей сигнализации состоят электрические схемы сигнализации.

Схемы сигнализации в АСУТП разнообразны. Различают схемы сигнализации по назначению, по виду сигналов, по роду электрического питания схемы.

Разновидности схем сигнализации показаны на схеме 13.Сх2.

По назначению схемы сигнализации подразделяются на схемы технологической и командно-переговорной сигнализации.

Технологическая сигнализация служит для представления оперативному персоналу сигналов:

– о положении механизмов технологического, электротехнического, вентиляционного, канализационного и другого оборудования (насос включен или выключен, вентилятор в работе, напряжение в цепи питания имеется, шибер поднят или опущен, задвижка открыта или закрыта и т. д.);

– о состоянии параметров технологического процесса (отклонение параметра от установленной величины, наличие или отсутствие в конкретном месте тех или иных предметов или веществ в определенном объеме и концентрации и т. д.).

Этот вид технологической сигнализации может быть двух подвидов: предупредительной и аварийной.

Предупредительная технологическая сигнализация — сигнализация о ненормальных, но еще допустимых значениях контролируемых или регулируемых величин, о нарушениях нормального режима работы отдельных агрегатов или всей установки в целом. Появление предупреждающих сигналов указывает оперативному персоналу на необходимость принятия определенных мер для устранения возникающих неисправностей. Предупредительная сигнализация обычно выполняется индивидуально в виде табло или транспаранта, загорающихся при подаче сигнала, определяющего характер и место возникновения неисправного режима, а также в виде общего для щита управления звукового сигнала, предназначенного для привлечения внимания эксплуатационного персонала.

Аварийная технологическая сигнализация — сигнализация о недопустимых значениях контролируемых величин, об аварийных состояниях на отдельных участках технологического процесса или об аварийных отклонениях контролируемых объектов. Появление аварийных сигналов часто сопровождается действием устройств автоматической защиты или блокировки. Аварийная сигнализация, требующая, как правило, немедленного вмешательства оперативного персонала, осуществляется, в отличие от предупредительной сигнализации, мигающим светом и звуком резкого тона.

Разделение сигнализации на предупредительную и аварийную обеспечивает различную реакцию оператора на полученную информацию в зависимости от характера сигнала, определяющего степень нарушения технологического процесса. Характер технологического процесса на некоторых объектах допускает кратковременное отклонение технологических параметров от нормы с последующим его восстановлением. В подобных случаях схемы сигнализации должны обеспечивать подачу сигналов с выдержкой времени, несколько большей, чем допустимое время отклонения параметра от нормы.

По виду сигнализации различают световую, звуковую и светозвуковую сигнализацию. Только световая или только звуковая сигнализация применяются редко. Так, самой простой цепью световой сигнализации является цепь со световым элементом (лампа, табло, светодиод), который указывает на наличие электрического напряжения в электрической схеме или цепи.

В качестве примера чисто звуковой сигнализации можно привести включение специального ревуна при аварийной ситуации в помещении, в котором появилась взрывоопасная атмосфера.

Светозвуковая сигнализация подразделяется на две части: световую и звуковую.

Световая часть схемы технологической сигнализации может строиться на использовании либо только ровного света (схема Р), либо ровного и мигающего света (схема М).

Сигнализация ровным светом (схема Р) применяется при небольшом количестве сигналов и/или для сигнализации параметров или положений, которые редко изменяют состояние.

При значительном числе сигналов или для сигналов с частым изменением своего состояния применяется схема с ровным и мигающим светом (схема М).

Алгоритм схемы технологической сигнализации следующий (таблица 13.Т5).

Лампа сигнальная не горит – контролируемый параметр не достиг заданной величины (строка 1).

При достижении параметром заданного значения (строка 2) в цепи контроля параметра замыкается контакт КП, который входит первичным элементом в схему сигнализации.

Контакт КП создает цепь питания:

- индивидуального светового элемента (сигнальной лампы НЛ);
- общего звукового элемента (НА или НАП).

Сигнальная лампа в схеме Р светит ровным светом, а в схеме М – мигающим светом, который выделяет сигнал на фоне ровногогорящих или невключенных ламп сигнализации других параметров и т. п. Оператор (оперативный работник обслуживающий технологический процесс) принимает светозвуковой сигнал путем его квитирования (кратковременного нажатия кнопки съема звукового сигнала SBK) – строка 3.

При этом звуковой элемент НА/НАП отключается, лампа НЛ в схеме Р продолжает гореть ровным светом, а в схеме М лампа с миганием переводится на горение ровным светом – строка 4.

В случае, если параметр продолжает несанкционированное изменение, замыкается контакт КА, который соответствует достижению параметром аварийного значения.

Контакт КА (строка 5) создает цепи питания индивидуальной сигнальной лампы (НЛА или НЛ) и общего звукового элемента (НА или НАА).

В схеме Р лампа НЛА имеет ровный свет, а в схеме М лампа НЛ с ровного свечения переводится на мигание либо с малой частотой мигания (как в случае с предупредительным сигналом – строка 2), либо с миганием повышенной частоты, так называемое быстрое мигание.

В схеме Р звонит звонок НА, а в схеме М приводится в действие звонок НАА, имеющий иной тембр и звук, чем звонок НАП.

Оператор реагирует на аварийный сигнал, квитирует его нажатием кнопки SBK, чем отключает цепь звонка и переводит сигнальную лампу на горение ровным светом.

Возможны варианты, когда квитирование предупредительного или аварийного сигнала отключает только звуковой сигнал, а сигнальная лампа в схеме М продолжает питаться импульсным (мигающим) тоном.

При возвращении параметра в нормальные пределы отключаются цепи сигнальных ламп – строка 8.

При необходимости проверки исправности сигнальных ламп и звонков оператор нажимает кнопку опробования сигналов SBП, чем создает цепи питания ламп (в схеме М – от источника мигающего света) и звонков. Цепи питания при опробовании существуют лишь на время нажатия кнопки SBП – строка 9.

Схемы предупредительной и аварийной технологической сигнализации приведены на схеме 13.Сх3. Схема разделена на несколько функциональных подсхем:

- схема технологического контроля параметров;
- схема световой сигнализации;
- схема релейной логики;
- схема команд оператора (управления технологической сигнализацией);
- схема звуковой сигнализации;
- схема управления импульсными элементами (элементами создания мигающего света).

Каждая из приведенных подсхем получает электрическое питание от распределительной питающей сети. При этом проектировщик АСУТП вправе осуществить выбор напряжения и рода тока в зависимости от вида контактов датчиков контроля технологических параметров, от наличия источников питания, расстояния от датчиков контроля и светозвуковой аппаратуры от релейного шкафа (коробки), от условий эксплуатации, от количества сигналов и других факторов. Поэтому приведенное условное разделение схемы на подсхемы со своими источниками электропитания в случае необходимости возможно объединять в любой комбинации.

Ниже рассматривается схема технологической сигнализации в наиболее общем виде.

Схема контроля с напряжением U_k может быть разделена на отдельные или групповые цепи контроля в зависимости от факторов, приведенных выше.

Реле 1КР представляет элемент части общей схемы с использованием световой сигнализации ровного света (Р – означает «ровный свет» в обозначении элементов схемы).

Реле 1КП – один из элементов части схемы предупредительной сигнализации с использованием мигающего света одной частоты (буква П – означает принадлежность к части предупредительной сигнализации).

Реле 1КА – один из элементов схемы аварийной сигнализации с использованием мигающего света двух различных частот (буква А – означает принадлежность к части аварийной сигнализации).

На схеме отмечены условным знаком те точки, которые можно подключать к программаторам, логическим контроллерам и другим видам вычислительной техники для решения задач технологической сигнализации ТОУ.

Схема световой сигнализации, напряжения питания которой $U_{сст}$, составлена для четырех возможных частей схемы сигнализации, три из которых соответствуют цепям контроля Р, П и А, четвертая часть объединяет части П и А при использовании одной общей сигнальной лампы для предупредительной и аварийной сигнализации с применением медленного (для предупреждения) и быстрого (аварийный сигнал) мигания.

Срабатывание реле контроля (1КР, 1КП, 1КА) замыкает цепь питания соответствующей лампы 1НЛР, 1НЛП, 1НЛА через размыкающий контакт реле квитации (реле приема) сигнала 1КР1, 1КП1, 1КА1 на шину питания ровным, медленно мигающим или быстро мигающим светом соответственно.

Одновременно в схеме релейной логики также через размыкающий контакт реле квитации 1КР1, 1КП1 включается реле на напряжение U_p звукового сигнала КЗП или через контакт реле 1КА1 включается реле КЗА.

Контактами этих реле включаются звуковые аппараты на напряжение $U_{зс}$ – либо НАП, либо НАА, которые отличаются друг от друга различным звуком.

Реле КЗП и КЗА включают либо один источник с двумя разными импульсными выходами, либо соответствующий виду сигнала (П или А) импульсный источник в цепи питающего напряжения $U_{миг}$.

Оперативный работник (оператор, диспетчер и т. п.) реагирует на звуковой и световой сигнал.

Кратковременным нажатием кнопки квитации или снятия звукового сигнала СВК возбуждается реле квитации ККО, контакт который подает питание на обмотку реле – повторителя КК1 (КК2,...).

Замыкающий контакт реле квитации КК1,... включает реле фиксации полученного сигнала КР1, КП1 или КА1 только в той цепи, в которой получен сигнал от датчика сигнализации Р, П или А. Одновременно размыкающие контакты реле квитации КК разрывают все цепи включения реле звукового сигнала. Этим исключаются обходные цепи, которые могут вызвать ложное срабатывание реле.

Включенное реле фиксации становится на самоблокировку и также размыкающим контактом разрывает цепь включения реле звукового сигнала.

В релейной схеме на каждый сигнал затрачивается два контакта реле квитации КК – один замыкающий и один размыкающий. Поэтому при значительном числе сигналов в схеме потребуется увеличенное число реле – повторителей КК.

Релейная схема на напряжении постоянного тока позволяет отказаться от повторителей реле квитации путем включения вместо контактов реле КК полупроводниковых элементов – диодов и подключения цепочек включения в общую цепь квитации, как показано на схеме узла Д.

В схеме световой сигнализации, в которой используется принцип соответствия и несоответствия между состоянием реле контроля 1КР, 1КП или 1КА и 1КР1, 1КП1 или 1КА1, срабатывание последних приводит сигнальную цепочку по принципу соответствия в состояние включения световых элементов на ровный свет.

Возвращение параметра в установленное нормальное значение отключает реле контроля КР, КП или КА. Последнее разрывает цепи питания соответствующей сигнальной лампы в схеме световой сигнализации и реле квитации (приема) сигнала в релейной схеме.

Схема сигнализации приходит в исходное состояние: все реле обесточены, сигнальные элементы отключены.

Нажатием кнопки СВП можно опробовать схему предупредительной сигнализации путем включения источника медленного мигания и подачи мигающих импульсов тока на все отключенные сигнальные световые элементы; одновременно звонит звонок НАП.

Аналогично проверяется работа схемы аварийной сигнализации – путем нажатия кнопки SBA.

Возможно совмещение обеих схем опробования.

Особо отметим работу схемы сигнализации при использовании одной общей сигнальной лампы для предупредительной и аварийной сигнализации состояния

параметра (узел ПА). Предупредительный сигнал вызывает свечение лампы медленным миганием, а аварийный сигнал индицируется быстросветящим светом той же лампы.

Кроме рассмотренной схемы, построенной на индивидуальных реле приема сигнала, существуют схемы импульсной сигнализации. Это схемы, в которых при отклонении контролируемого параметра от заданного значения или при возникновении несанкционированного (в том числе аварийного) состояния, сигналы датчиков преобразуются из длительных в кратковременные импульсы.

Кратковременный импульс вызывает срабатывание специального реле.

Импульсное двухмоточное реле может работать в схемах на постоянном и переменном токе, однако эти схемы не позволяют создать схемы с мигающим светом и при неисправности сигнальной лампы теряется как световой, так и звуковой сигнал.

Схемы с использованием напряжения постоянного тока и конденсатором в цепи каждого контролируемого параметра могут создаваться для сигнализации либо ровным светом, либо мигающим светом. Схемы, создаваемые на большое число контролируемых параметров со значительным количеством конденсаторов в схеме, требуют соответствующего выбора аппаратуры и напряжения постоянного тока.

Схемы импульсной сигнализации в данном «Пособии» не рассматриваются.

Схемы технологической сигнализации состояния электродвигателя механизма длительного действия приведены на схеме 13.Сх4.

В АСУТП рекомендуется использовать схемы вариантов а), в), или д) с передачей сигналов на технические средства ВТ в точках, отмеченных специальным значком.

Вариант а) предполагает подачу на техническое средство сигнала напряжением вторичной цепи (чаще всего – 220 В переменного тока).

Варианты в) и д) используют напряжение сигнальных цепей по выбору проектировщика АСУТП.

Схемы технологической сигнализации положения механизмов регулирующих или переключающих поток приведены на схеме 13.Сх5.

В технической литературе употребляется понятие «запорный орган».

Вместе с тем в отраслях промышленности эксплуатируются многочисленные устройства и механизмы, предназначенные для изменения направления потока жидких, газообразных, сыпучих сред и штучных материалов. Механизмы имеют различные наименования: шибер, распределитель, переключатель, затвор, заслонка, поворотное устройство и т. д. Эти механизмы, как правило, не являются запорными, к запорным относятся: задвижка, кран, клапан, клинкет, вентиль и т. д.

Ко всем механизмам и устройствам, имеющим два рабочих конечных положения: «открыто-закрыто», «вверх-вниз», «вправо-влево» и другие в «Пособии» применяется термин «механизм переключающий или регулирующий поток».

На схеме 13.Сх5 приведены варианты включения элементов для сигнализации положения механизмов регулирующих или переключающих поток.

Сигнальные лампы HL1 и HL2 в вариантах а), б) и г) свечением ровным светом указывают соответствующее конечное положение механизма.

Вариант б) предусматривает дополнительную сигнальную лампу НЛП, которая мигающим светом указывает на нахождение механизма в промежуточном положении.

Вариант в) имеет следующие сигнальные знаки. В крайнем положении равным светом подсвечивается соответствующая лампа HL1 или HL2. При подаче управляющего сигнала на перемещение механизма в другое положение (КП1 из закрытого или промежуточного положения в открытое положение, КП2 – в противоположном направлении) мигает сигнальная лампа положения, к которому должен перемещаться механизм (цепь лампы HL1 через замыкающий контакт реле управления КП1 и размыкающий контакт реле положения механизма K1; цепь лампы HL2 через контакты КП2 и K2).

В начале движения механизма из крайнего положения сигнальная лампа этого положения гаснет, так как размыкается контакт K2 или K1.

В схемах специальным значком отмечены точки элементарных цепей, к которым могут быть подключены входные элементы вычислительной или информационной техники АСУТП для визуализации положения механизма.

Командно-переговорная сигнализация для односторонней или двусторонней передачи сигналов между двумя группами оперативного персонала объекта управления, а также сигналов об их принятии.

Командно-переговорная сигнализация может обеспечивать и двустороннюю, и одностороннюю передачу сигналов, а также контроль их приема.

Двусторонняя передача сигналов на схеме 13.Сх6 построена на принципе совпадения/несовпадения положения командоаппаратов на сторонах переговорщиков. В качестве командоаппаратов применяются различного вида переключатели, которые имеют по одному замыкающему контакту в каждой из двух позиций (положений) командоаппарата.

При одинаковом положении командоаппаратов в цепи сигнализации лампы HL1 и HL2 шунтированы, подключены на один и тот же провод электропитания.

Переключение одного из командоаппаратов в противоположное положение приводит к включению ламп как на стороне передающей, так и на стороне приемной.

На приемной стороне принятие сигнала осуществляется переводом командоаппарата в противоположное положение. Сигнальные лампы вновь шунтируются подключением на один и тот же провод.

Цепь вновь готова к работе в любом направлении.

Звуковую сигнализацию можно организовать двумя способами.

Первый способ предполагает, что звуковой сигнал будет подаваться только во время нажатия специальной кнопки со стороны подающего команду.

Второй способ использует схему, которая аналогична схеме световой сигнализации, где вместо светового элемента включен звуковой. От специального командоаппарата «Звуковой сигнал» включаются звонки на обеих сторонах подачи и приема сигнала. Звонки остаются включенными до перевода одного из командоаппаратов в другое (новое) положение.

Односторонняя передача сигнала по схеме 13.Сх7 (сигнал 1) использует нажимные кнопки или переключатели с возвратом в исходное состояние.

Нажатие кнопки 1SB (2SB,...) возбуждает последовательно одно за другим реле 1K1 и 1K2; реле 1K1 самоблокируется.

Звонок вызова HA звонит только в период нажатия кнопки.

Сигнальная лампа горит до момента приема светового сигнала и снятия реле с самоблокировки.

Тем самым схема возвращается в исходное состояние.

Часть схемы (сигнал 11) показывает, что сигнальные элементы (общий звонок НА и индивидуальная лампа 11HL (12HL,...) функционируют только на время нажатия кнопки вызова 11SB (12SB,...).

Общие замечания по схемам сигнализации в АСУТП следующие.

Технологическая сигнализация о положении механизмов во многих случаях должна быть дополнена звуковой сигнализацией изменения положения или состояния механизмов.

В этих случаях элементы, которые контролируют положение или состояние механизмов, следует использовать в качестве первичных элементов в схеме предупредительной и аварийной технологической сигнализации.

Использование релейной схемы или схемы на базе вычислительной техники для сигнализации положения механизмов решается проектировщиком АСУТП.

Алгоритм командно-переговорной сигнализации в АСУТП с использованием средств вычислительной техники выполняется для предупредительной сигнализации перед запуском отдельных или связанных между собой механизмов, для оповещения оперативного эксплуатационного персонала о необходимости выполнения определенной ручной технологической операции и т. п.

13.5.5. Цепь управления

В технологическом процессе участвуют разнообразные машины, механизмы и устройства, приводимые в действие электроприводами.

Электропривод – устройство, состоящее из электродвигателя, аппаратуры управления им и механических передач, связывающих электродвигатель с рабочими органами технологического механизма или машины.

Технологические механизмы и устройства приводятся в движение преимущественно асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. В связи с этим в «Пособии» рассматриваются в основном электрические схемы управления такими электродвигателями.

При управлении электродвигателем различают **режимы**, обусловленные **ведением технологического процесса**:

- длительный режим с постоянной нагрузкой;
- длительный режим с переменной нагрузкой;
- кратковременный режим;
- повторно-кратковременные режимы.

Длительный постоянный режим работы характеризуется длительным включением электродвигателя с постоянной по величине нагрузкой. Такой режим работы характерен для приводов вентиляторов, насосов, компрессоров, транспортеров и других промышленных механизмов.

Длительный переменный режим работы характеризуется длительным включением электродвигателя с переменной по величине нагрузкой. Такой режим характерен для металлорежущих станков, обрабатывающих однотипные детали и имеющих фрикционную муфту в цепи главного движения.

Кратковременный режим работы двигателя характерен для электроприводов монтажных кранов, разводных мостов, редко работающих точил, толкателей, вспомогательных приводов металлорежущих станков, задвижек, клапанов, шиберов.

Повторно-кратковременный режим работы характеризуется тем, что рабочие периоды чередуются с паузами. Время цикла в повторно-кратковременном режиме составляет не более 10 мин.

Типичным примером подобных приводов являются краны, лифты, транспортные устройства, некоторые металлорежущие станки, прессы, исполнительные механизмы регулирующих устройств.

Для АСУТП характерны контроль и управление электродвигателями с режимами: длительным с постоянной нагрузкой, кратковременным и повторно-кратковременным.

Аппаратура управления должна учитывать частоту включения/отключения по механической и электрической износоустойчивости, пусковые токи и токи отключения, а также необходимость обеспечения нулевой защиты электродвигателя.

Электрическая схема управления электропривода должна обеспечивать **режимы управления электроприводом**, которые различаются в зависимости от:

- расстояния от органов управления до объекта управления;
- степени участия оперативного персонала в процессе управления.

Блок-схема режимов управления электроприводом приведена на схеме 13.Сх8.

В зависимости от расстояния до объекта управления различают режимы:

- местное управление;
- дистанционное управление;
- режим «отключено».

В свою очередь, эти режимы подразделяются на режимы в зависимости от степени участия человека в процессе управления:

- ручное местное;
- ручное заблокированное местное;
- автоматическое (местное);
- ручное дистанционное;
- ручное заблокированное дистанционное;
- автоматическое централизованное.

В технической литературе, в том числе нормативно-технической, «Ручное местное» имеет синоним «Ручное управление» или «Местное управление», «Ручное заблокированное управление» – «Полуавтоматическое управление», «Дистанционное управление» – «Централизованное управление» или «Диспетчерское управление». «Автоматическое местное» и «Автоматическое централизованное» имеют синоним «Автоматическое управление» с дальнейшим пояснением расположения аппаратуры автоматического управления.

Под **местным режимом управления** понимается управление электроприводом с помощью органов управления (кнопок, ключей, командоаппаратов и т. п.), расположенных вблизи от механизмов, в прямой видимости механизма; при этом оперативный работник имеет возможность непосредственно контролировать работу механизма визуально, по слуху, по приборам, по вибрации и т. п.

Местное управление может быть предусмотрено для проведения опробования, наладки, ввода в эксплуатацию после монтажа или ремонта механизмов с электроприводом.

Местное заблокированное управление применяется для группы взаимосвязанных механизмов или отдельного механизма из группы взаимосвязанных, заблокирован-

ных по пуску механизмов в тех случаях, когда механизмы требуют оперативного местного контроля (визуального, слухового и т. п.) со стороны персонала, когда контроль дистанционный или автоматический невозможен, а также механизмов так называемого «тяжелого пуска» (например, ленточных транспортеров значительной протяженности, ленточных питателей, дробилок и мельниц большой производительности и т. п.).

В этом случае заблокированный пуск механизма может быть осуществлен оперативным персоналом с местного поста управления после получения разрешения от заблокированного механизма или с местного поста управления.

Режим «Дистанционное управление» подразумевает необходимый контроль за работой механизма, его пуск и останов со стороны оператора, находящегося на значительном расстоянии от механизма, без прямой видимости объекта управления.

Дистанционное управление может быть несблокированным (ручным, индивидуальным для каждого механизма) и заблокированным (аналогично изложенному для местного заблокированного управления).

В автоматическом режиме управления все команды управления, контроль работы механизмов производится автоматически, без непосредственного участия оперативного персонала. Автоматический режим возможен при дистанционном и местном расположении аппаратуры автоматического управления, что вносит определенную специфику не только в схемы управления, но также в структуру АСУТП.

Выбор режима управления «Отключено», «Местное управление», «Дистанционное управление» производится специальным переключением. Переключатель режимов управления не должен выполнять функции управления «Пуск», «Стоп», «Вперед», «Назад». Переключатели могут устанавливаться в различных местах:

- по месту около механизма;
- на щите станции управления в распределительном устройстве;
- на щите дистанционного управления; на щите в помещении оператора.

Размещение переключателя режимов управления имеет специфические особенности с учетом требований ПУЭ п. 5.3.31.

«При наличии дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо механизма вблизи последнего должен быть установлен аппарат аварийного отключения, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвигателя до принудительного возврата этого аппарата в исходное положение.

Не требуется устанавливать аппараты аварийного отключения у механизмов:

- а) расположенных в пределах видимости с места управления;
- б) доступных только квалифицированному обслуживающему персоналу (например, вентиляторы, устанавливаемые на крышах, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях);
- в) конструктивное исполнение которых исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям; около этих механизмов должно быть предусмотрено вывешивание плакатов, предупреждающих о возможности дистанционного или автоматического пуска;
- г) имеющих аппарат местного управления с фиксацией команды на отключение.

Целесообразность установки аппаратов местного управления (пуск, останов) вблизи дистанционно или автоматически управляемых механизмов должна определяться

при проектировании в зависимости от требований технологии, техники безопасности и организации управления данной установкой».

Особенности размещения переключателя режимов приведены в таблице 13.Т6.

Установка местных аппаратов управления (пуск, стоп, вперед, назад и др.), место установки переключателя режимов и режимы работы электропривода определяются техническими требованиями исходных материалов заказчика на проектирование или письменным согласованием с заказчиком (генеральным проектировщиком), проектировщиками электротехнической, технологической частей и АСУТП.

Различными предприятиями в России и в мире выпускается разнообразное комплектное оборудование для реализации схемы управления электроприводом. Низковольтные комплектные устройства управления НКУ называются станциями управления.

Станция управления – комплектное устройство, предназначенное для местного и дистанционного управления электроприводом, объединенного общей конструкцией и состоящего из ряда отдельных электрических аппаратов и элементов, электрически связанных между собой в определенную электросхему для выполнения функций управления, контроля, защиты, сигнализации состояния электропривода.

Кроме станций управления на релейно-контактной аппаратуре выпускаются комплектные устройства с тиристорными элементами в силовых и управленческих цепях.

Применение комплектных устройств, какими являются стандартизованные станции управления или комплектные тиристорные устройства, не только упрощает разработку схем управления электроприводами при проектировании систем автоматизации технологических процессов, но одновременно способствует повышению качества и надежности работы электроустановок, сокращению сроков, объемов и стоимости строительно-монтажных работ.

13.5.5.1. Принципиальная электрическая схема управления нереверсивным электродвигателем

На схеме 13.Сх9 приведены схемы управления нереверсивным асинхронным электродвигателем в различных режимах управления; местном, дистанционном и автоматическом с программируемым логическим контроллером.

Электродвигатель запитывается фидером напряжением 380 В переменного тока. Защита по максимальному току и температуре осуществляется автоматическим выключателем QF, по длительному току нагрузки – тепловым реле КК с включением размыкающего контакта КК в цепь управления контактора.

Контактор управления может быть включен на межфазное напряжение 380 В (в цепи каждой фазы контактора устанавливаются по предохранителю FU1 и FU2) или на фазное напряжение 220 В (в цепи устанавливается фазный предохранитель FU1, а обмотка контактора включена на нулевой рабочий провод N, PEN).

Вместо трехфазного автоматического выключателя QF можно установить последовательно рубильник (или иной разъединитель, выключатель) SA и предохранители FU (раздел 13.6.1). При этом для обеспечения одновременного отключения всех трех фаз при включении контактора на фазное напряжение предусматривается специальное устройство, действующее на отключение контактора при сгорании

предохранителей в одной или любых фазах (п. 5.5.38 ПУЭ). По п. 5.5.38 «при включении обмотки контактора на фазное напряжение (в приведенном выше примере – 220 В) ее нулевой вывод должен быть надежно присоединен к нулевому рабочему проводнику питающей линии или отдельному изолированному проводнику, присоединенному к нулевой точке сети».

Местное управление (схема а)

Включение двигателя осуществляется кратковременным нажатием пусковой кнопки SB1 и замыканием цепи питания обмотки контактора КМ.

После этого:

- замыкаются включающие контакты КМ в цепи электродвигателя;
- замыкается блок – контакт КМ в цепи контактора, последний самоблокируется и обеспечивает нулевую защиту или защиту от произвольного самозапуска (без нажатия пусковой кнопки SB1) после исчезновения или резкого снижения напряжения питающей сети;
- включается сигнальная лампа НЛ «двигатель включен».

Отключение электродвигателя производится кратковременным нажатием кнопки «стоп» SBC, чем отключается питание контактора.

Дистанционное управление (схема б)

Для осуществления управления оператором из помещения, удаленного от электродвигателя, и невозможности при этом включать электродвигатель местной кнопкой «пуск» последовательно с обмоткой контактора включается переключатель режимов SA.

В нашем примере этот переключатель используется для выбора трех режимов:

- «отключено» О – среднее положение;
- «местное управление» М – левое положение;
- «дистанционное управление» Д – правое положение переключателя режима.

При положении О цепь контактора разорвана.

При положении М управление электродвигателем осуществляется так же, как изложено для схемы а.

Положение переключателя Д включает в цепь контактора участок цепи, который позволяет дистанционно запускать и останавливать электродвигатель с помощью кнопок SB1.1 и SBC.1.

Действие этих кнопок аналогично действию кнопок SB1 и SBC. При этом отключить электродвигатель возможно также нажатием местной кнопки «стоп» SBC.

Однако при режиме «местное управление» оператор не имеет возможности отключить электродвигатель кнопкой «стоп» SBC.1.

Автоматическое управление (схемы г и д)

В этом случае переключатель режима вместо положения Д «Дистанционное управление» имеет положение А «Автоматическое управление».

При положении переключателя М осуществляется местное управление электродвигателем.

При положении переключателя режима А операции управления производятся:

- по программе контроллера ПЛК (PLC) контактами модуля (блока) вывода дискретной информации – условно названных КП (пуск) и КС (стоп);

– по телемеханическим командам, передаваемым микроконтроллером с контактами КП (пуск) и КС (стоп); в этом виде управления блокировки осуществляются в цепях автоматического управления (возможно также по программе комплекта диспетчерского пункта системы телемеханики).

При программном введении блокировок управляющая цепь А выглядит как показано на схемах *г* и *д*, и функционирует следующим образом.

Программно выдается команда «пуск» путем кратковременного замыкания контакта КП, замыкается цепь включения контактора КМ, которая самоблокируется замыкающим контактом КМ. Электродвигатель включается силовыми контактами контактора КМ.

Программное отключение кратковременно замыкающимся контактом КС возбуждает промежуточное реле КС1, которое служит для инверсии сигнала «замкнуть» на сигнал «разомкнуть». Таким образом, размыкающий контакт КС1 инверсно контакту КС разрывает цепь контактора КМ и отключает питание электродвигателя. Повторный пуск возможен при получении новой команды «пуск». Остановка электродвигателя возможна также местной кнопкой «стоп» SBC. Введение блокировок в цепь контактора показана на схеме 13.Сх9 (*д*).

Блокировки, которые действуют как при запуске, так и при нормальной работе электродвигателя, включаются в общую часть цепи автоматического управления – контакт КБО.

Блокировки, действие которых распространяется только на время пускового режима электродвигателя, включаются в участок цепи последовательно с контактом КП (контакт КБП).

Блокировки, которые начинают воздействовать только после запуска электродвигателя, включаются последовательно в цепь контактов КС1 и КМ (контакт КБС).

Примером двух последних видов блокировок может служить механизм (установка), который пылит при нормальной работе и оснащен аспирационной установкой для утилизации частиц пыли (грохот, транспортер с пересыпкой пылящих материалов на другой агрегат или в емкость хранения). Запуск такого механизма возможен после предварительного включения аспирационной установки, создающей вакуум в месте предполагаемого пыления материала. Это пусковая блокировка. При отключении по различным причинам аспирационной установки основной механизм может продолжать работу в течение определенного времени. Время задается заранее либо определяется руководителем технологического процесса при получении сигнала «Аспирационная установка отключена».

Местное сброкированное управление (схема *е*)

Режим требует наличия у переключателя соответствующего положения (Сх.е2). В случае если механизм оснащается аппаратом аварийного отключения по п. 5.3.31 ПУЭ, то возможно использование положения «Отключено» «0» переключателя режимов для организации режима «Местное сброкированное управление» МС. Запуск такого механизма с электродвигателем осуществляется нажатием кнопки SB1 «Пуск» при замкнутом контакте (контактах) реле работы сброкированных устройств, при работе возможно отключение местной кнопкой SBC «Стоп» или размыканием контакта реле сброкированного устройства. Режим «Отключено» организуется посредством аппарата аварийного отключения SAA.

Возможно вместо режима «Дистанционное управление» положение переключателя режимов использовать для режима «Сблокированное управление». Тогда необходимо последовательно с контактом переключателя режимов включить контакты дополнительного переключателя на два положения: «Местное заблокированное управление» и «Дистанционное управление».

То же самое можно осуществить для режима «Автоматическое управление». Пример подобного решения приведен на схеме 13.Сх9 (*eI*).

13.5.5.2. Принципиальная электрическая схема управления реверсивным электродвигателем механизма длительного действия

На схеме 13.Сх10 приведены схемы управления реверсивным асинхронным электродвигателем механизма двунаправленного длительного действия. Каждая схема имеет два контактора, которые изменяют фазы, подключаемые к электродвигателю, чем достигается реверс механизма.

В цепь контактора включен размыкающий контакт контактора противоположного направлению движения механизма с целью исключения одновременного срабатывания двух контакторов.

Режимы управления электродвигателем аналогичны режимам управления неревверсивного механизма.

Цепи каждого из двух контакторов также аналогичны цепям контактора для неревверсивного электродвигателя с отмеченным выше дополнением блокирующего контакта.

Приводим несколько замечаний по цепям блокировок в схемах 13.Сх10.

В схеме 13.Сх10*в* блокировки общие для движения механизма в обе стороны включены в общую цепь управления ДУ (контакт КБО). Контакты блокировок, действующие только в период запуска механизма КБП1 и КБП2, включены в соответствующие цепи пуска. Контакты блокировок, действующие в процессе работы в ту (КБС1) или иную (КБС2) сторону, соответственно включены в цепи самоблокировки контакторов.

В схеме 13.Сх10*д* общая блокировка разделена на общие блокировки, действующие на движение механизма только в одну из сторон (КБО1 и КБО2). Остальные блокировки аналогичны изложенным для схемы 13.Сх10*в*.

13.5.5.3. Принципиальная электрическая схема управления реверсивным электродвигателем механизма, регулирующего или переключающего поток

Схемы 13.Сх11 отличаются от схем 13.Сх10 только наличием в цепях контакторов размыкающих контактов, ограничивающих перемещение механизма в ту или иную сторону.

Указанные контакты отключают электродвигатель при достижении механизмом конечного положения или в случае превышения крутящего момента на валу электропривода.

Для управления задвижками в АСУТП используются электроприводы отечественного и импортного производства.

Некоторые электроприводы импортного производства используют принципы программируемого управления. При этом комплектное устройство управления

электроприводом совместно с пунктом местного управления (переключатель режимов, кнопки управления, светодиоды состояния привода) расположено непосредственно на электроприводе.

На схемах 13.Сх12–13.Сх18 приведены схемы управления электроприводами различных производителей: «Тулаэлектропривод», ОАО «Прибор», «ЭлеСи» (г. Томск), «ROTORK», «LIMITORQUE» и «AUMA».

13.5.6. Цепь регулирования

Регулирование потока может осуществляться либо от регулирующего средства автоматизации или от кнопок (ключей) регулирования путем кратковременного замыкания контактов в цепях управления реверсивного электродвигателя, который механически связан с регулирующим органом потока.

Цепи дистанционного и автоматического управления в схемах 13.Сх11б, г являются цепями регулирования.

Цепь аналогового регулирования приводом ROTORK видна в нижней части схемы 13.Сх17, приводом LIMITORQUE – на схеме 13.Сх18.

13.5.7. Цепь блокировки

Цепи блокировок входят неотъемлемой частью в схему управления электродвигателем. Цепи блокировок следует проектировать и анализировать совместно с цепями управления в схемах управления электродвигателями.

Конкретные схемы блокировок можно свести к нескольким общим элементам блокировок.

На схемах 13.Сх9, 13.Сх10 и 13.Сх11 цепи блокировок условно обозначены замыкающими контактами реле КБО (КБО1, КБО2), КБП (КБП1, КБП2), КБС (КБС1, КБС2).

Назначение контактов блокировок указаны в подразделах 13.5.5.1, 13.5.5.2.

Напомним, что блокировки в схемах имеют три вида действия.

Общая блокировка действует в цепи управления электродвигателя постоянно – при запуске, работе и при отключении.

Блокировка КБП действует только во время запуска, предотвращая запуск электродвигателя в несоответствующих условиях.

Блокировка КБС действует в тех цепях самоблокировки, которые должны воздействовать на отключение электродвигателя в определенных обстоятельствах его работы.

13.5.8. Цепь защиты

Электрическая цепь защиты является частью системы противоаварийной автоматической защиты ПАЗ. ПАЗ должен отвечать требованиям действующей нормативно-технической документации для потенциально опасных производств, а также регламентам и проектам технологического объекта управления.

Не следует путать противоаварийную защиту ПАЗ с защитой людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции (с защитными мерами элек-

тробезопасности) и с защитой электрических сетей и электропотребителей от токов короткого замыкания и перенапряжений, в том числе от ударов молнии и электростатического электричества.

Основные требования к ПАЗ приведены в виде выписки из ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» в приложении 13.Пр1.

Для отдельных производств руководящими документами РД установлены дополнительные или уточняющие требования к приведенным общим требованиям ПБ 09-540-03.

ПАЗ должна обеспечить заданную надежность и безопасность проведения технологических процессов при обеспечении заданной точности поддержания технологических параметров.

АСУТП должна позволить проводить:

– регистрацию срабатывания и контроль за работоспособным состоянием средств и цепей ПАЗ;

– действие (включение, отключение) средств ПАЗ, прекращающих развитие опасной ситуации.

В системе ПАЗ должна быть исключена возможность ее срабатывания от случайных и кратковременных сигналов нарушения нормального хода технологического процесса, в том числе в случае переключений на резервный или аварийный источник электропитания.

Исполнительные механизмы систем ПАЗ должны иметь устройства индикации в помещении оператора крайних положений исполнительных механизмов.

Надежность системы ПАЗ обеспечивается аппаратным резервированием (дублирование, троирование), функциональной избыточностью, диагностикой и самодиагностикой. Резервирование должно быть обосновано в проекте АСУТП.

Контроль и измерение параметров, определяющих опасность технологического процесса блоков 1 категории взрывоопасности, осуществляются не менее чем от двух независимых датчиков с отдельными точками отбора; контрольные параметры, уставки защиты этих параметров, определяющих взрыво-, пожароопасность процесса устанавливаются в технологической части проекта.

В данном подразделе приводятся примеры реализации дублирования и троирования цепей управления механизмами.

Алгоритмы противоаварийных защит в «Пособии» не рассматриваются. Принимается за очевидное решение задач ПАЗ путем выдачи управляющих воздействий от двух или трех независимых средств управляющей вычислительной техники для организации обеспечения воздействия на устройства, предотвращающие развитие опасной ситуации на объекте управления.

На схемах 13.Сх19 и 13.Сх20 приведены примеры цепей ПАЗ для электроприводов механизмов длительного действия (вентилятор, дымосос, насос и т. д.) и реверсивного действия, перекрывающего поток материала (шибер, задвижка, шаровой кран и т. д.).

Приводим краткое описание действия цепей противоаварийной защиты, изображенных на этих схемах.

Реле противоаварийной защиты К31, К32, К33 являются повторителями кратковременных дискретных независимых сигналов программируемых логических

контроллеров или других источников сигналов нарушения нормального хода технологического процесса объекта управления.

Контакты реле К31, К32 и К33 создают «узел надежности» УН (дублирование независимых сигналов – два из двух; троирование независимых сигналов – два из трех). Через «узел надежности» включается общее реле противоаварийной защиты К30. Контакты К30 создают цепи управления электроприводом механизма.

Размыкающий контакт К30 отключает цепи управления механизмом в местном, дистанционном или автоматическом режиме.

Замыкающий контакт К30 при необходимости выполнения алгоритма включает или поддерживает включенное состояние исполнительного контактора КМ механизма длительного действия.

При необходимости выполнения алгоритма ПАЗ замыкающий контакт реле К30 включает обмотку соответствующего контактора КМ1 или КМ2, шунтируя цепи управления местного, дистанционного или автоматического режима реверсивного механизма.

Цепи реле противоаварийной защиты К31,..., К30 могут получать питание либо от вторичных цепей электропривода механизма, входящего в систему ПАЗ, либо от независимого источника бесперебойного питания.

Отключение электропитания реле производится по специальному регламенту.

13.6. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПИТАНИЯ АСУТП

13.6.1. Питающая сеть АСУТП

Схема электрическая принципиальная (ЭЗ) питания автоматизированной системы управления технологическим процессом является основополагающим документом создания и эксплуатации системы электрического питания технических и вспомогательных электрических средств автоматизации и вычислительной техники АСУТП.

Все электроприемники АСУТП должны получать соответствующее электропитание от системы питания в части:

- бесперебойности;
- качества;
- безопасности;
- экологичности.

Безусловно, система электропитания АСУТП напрямую зависит от параметров системы электроснабжения технологического объекта управления.

На объекте управления для распределения электроэнергии применяется, как правило, одна из системы TN, TT или IT переменного тока (глава 7 «Пособия») с различным числом проводов (3, 4, 5), а также системы постоянного тока. Напряжение систем переменного тока могут быть 380/220 В, 220/127 В, 380 В, 500 В, 660 В и 42 В (для переносного освещения и электроинструментов).

В то же время большинство средств автоматизации СА и вычислительной техники СВТ, преобразователи для СА и ВТ разработаны (в России и за рубежом) на входное номинальное напряжение 220 В, 50 Гц.

Имеются также СА, СВТ и преобразователи, использующие другие входные параметры электропитания. Поэтому желательно для унификации решений и управления организационно-технического взаимодействия между АСУТП и системой электроснабжения объектов управления: гарантированно получать из системы электроснабжения объекта электрической мощности напряжения 380/220 В или 220 В по системе TN-C-S или TN-S. С этой целью следует выдать задание на смежную часть проекта по электропитанию АСУТП с необходимыми параметрами.

Таким образом, в электротехнической части проекта должна быть предусмотрена питающая сеть электропитания АСУТП.

Все дальнейшие преобразования и использование электрической энергии предусматриваются принципиальной схемой питания АСУТП, на основании которой реализуется распределительная сеть электропитания (схема 13.Сх21).

Питающая сеть электропитания защищается по схеме электроснабжения объекта на основании параметров мощности и напряжения, местоположения щитов питания АСУТП (или совмещенных щитов АСУТП), надежности и бесперебойности электрообеспечения технических средств АСУТП (схема 13.Сх22). Питающая сеть АСУТП относится, как правило, к сетям, защищаемым только от коротких замыканий и не требующих защиты от перегрузки. Исключения составляют отдельные электроприводы задвижек или исполнительных механизмов.

13.6.2. Надежность электроснабжения

Необходимо на основании исходных материалов Заказчика и по согласованию с ним определить категорию АСУТП (как системный набор электроприемников) по надежности электроснабжения.

ПУЭ, глава 1.2, п.п. 1.2.18–1.2.21,... разделяет все электроприемники на три категории в отношении обеспечения надежности электроснабжения.

Электроприемники первой категории – (п. 1.2.18.). Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения **особой группы электроприемников I категории** должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников I категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Электроприемники второй категории – (п. 1.2.19) электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание электроприемников II категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по наибольшему длительному току ВЛ. Допускается питание электроприемников II категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 сут. допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора.

Электроприемники третьей категории – ПУЭ пп. 1.2.20, 1.2.21. Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

Для электрических сетей следует предусматривать технические мероприятия по обеспечению качества напряжения электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-67* «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения».

Однако к какой бы категории не относились электроприемники объекта управления (1, 2 или 3), но АСУТП этого объекта относится к потребителям высшей категории, а в определенной части – к особой группе электроприемников I категории. В зависимости от вида АСУТП, ее сложности, функциональности, надежности, ответственности и числа особо ответственных электропотребителей АСУТП следует определить ее категоричность по надежности электроснабжения. При малом числе особо ответственных электропотребителей в составе АСУТП, с небольшой потребляемой мощностью, резервирование их электропитания можно организовать в распределительной сети по проекту создания АСУТП с использованием источников бесперебойного питания, аккумуляторных батарей. Большое электропотребление и значительное число потребителей потребует определенных решений уже в питающей сети, проектируемой в электротехнической части проекта.

13.6.3. Распределительная сеть

В «Пособии» рассматривается распределительная сеть электропитания АСУТП.

Распределительная сеть строится, как правило, по радиальному принципу: щит питания или устройство его замещающее соединяется с отдельным электроприемником отдельной радиальной линией (Схема 13.Сх21).

Аппаратура защиты и управления системы электропитания АСУТП должна обеспечивать:

- включение и отключение электроприемников и участков распределительной сети при нормальном режиме работы;
- гарантированное отсоединение электроприемников и участков распределительной сети для проведения контрольных и ремонтных работ;
- защиту цепей от всех видов нарушений электробезопасности (поражение электрическим током при прямом и косвенном прикосновении, тепловых воздействий, сверхтоков перегрузки и короткого замыкания, понижения напряжения).

Следует различать цепи электропитания по ВСН 205–84 (п. 2.3.6.):

1. Цепи электродвигателей исполнительных механизмов, электроприводов различного вида запорных органов (задвижек, клапанов, кранов, вентилей и т. п.).
2. Цепи средств автоматизации (приборы, КИП, регулирующие устройства, преобразователи, трансформаторы, выпрямители, источники бесперебойного питания и т. д.).
3. Цепи предупредительной и другой производственной сигнализации.
4. Цепи стационарного освещения щитов.

В цепях электропитания рекомендуется применять сочетания аппаратов управления и защиты по таблице 13.Т10.

Распределительная сеть электропитания АСУТП является в основном сетью, не требующей защиты от перегрузки, но должна защищаться от коротких замыканий. Исключением являются электроприводы задвижек и исполнительных механизмов, которые по функциональности своей работы подвергаются технологическим перегрузкам (вязкая среда, жидкая среда с мелкодисперсными частицами, застывающая среда и т. п.) и требуют защиты от перегрузки.

Аппараты управления и защиты устанавливаются во всех местах присоединения распределительной сети. Возможно предусматривать общие аппараты управления и защиты для группы электроприемников, связанных общим технологическим процессом и не требующих индивидуальной защиты (ВСН 205–84, п. 2.39).

По п. 2.41 ВСН в цепях электроприемников, имеющих встроенные выключатели и предохранители, аппараты управления и защиты могут не предусматриваться, если щит питания совмещен со щитом, где установлен данный электроприемник: при отдельно стоящем щите питания (на расстоянии более 6 м), когда проводники, питающие электроприемник, выходят за пределы щита, в начале ответвления должны устанавливаться аппараты управления и защиты.

В цепях электроприемников, имеющих только встроенный предохранитель, аппарат управления должен предусматриваться независимо от места установки щита питания.

Пункт 2.42. В питающей и распределительной сетях (одно- и двухфазных двухпроводных, трехфазных, трех- и четырехпроводных систем с изолированной и глухо-

заземленной нейтралью, в двухпроводных сетях постоянного тока) аппараты управления и защиты должны устанавливаться в нормально не зануленных и не заземленных фазных проводниках (полюсах).

13.6.3.1. Цепи питания средств автоматизации

В цепях питания регуляторов и приборов, состоящих из нескольких элементов, работающих взаимосвязано (например, отдельные блоки регуляторов, датчики и вторичные приборы), должны устанавливаться общие аппараты управления и защиты. На ответвлениях к отдельным элементам регуляторов, которые могут при необходимости отключаться (например, регулирующий прибор при дистанционном управлении), по возможности должны дополнительно устанавливаться индивидуальные выключатели.

При питании от систем TN-C, TN-C-S допускается в двухпроводных цепях вторичного напряжения понижающих трансформаторов, вторичных цепях выпрямителей, предусматриваемых в системах электропитания, ограничиваться установкой аппаратов защиты только в одном проводе.

В цепях понижающих трансформаторов при разветвленной вторичной сети аппараты управления и защиты должны устанавливаться со стороны первичного и вторичного напряжений в каждом присоединении, где отсутствуют встроенные в электроприемники предохранители.

При одном присоединении на стороне вторичного напряжения аппараты управления и защиты в этой цепи могут не предусматриваться. Для обеспечения селективности действия аппараты защиты со стороны первичного напряжения трансформаторов должны отличаться по номинальному току не менее чем на одну ступень в большую сторону от аппаратов защиты со стороны вторичного напряжения с учетом коэффициента трансформации.

13.6.3.2. Цепи питания внешнего освещения щитов АСУТП

В цепях питания стационарно установленного освещения шкафных щитов и местного стационарного освещения шкафных и панельных щитов должны предусматриваться выключатель и предохранитель в фазном проводе.

13.6.3.3. Электродвигатели исполнительных механизмов и электроприводы задвижек

Из пунктов 2.47–2.50 ВСН 205-84 (схема 13.Сх11) следует: простые неразветвленные цепи управления электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) должны, как правило, питаться от главных (силовых) цепей. При включении катушек на междуфазное напряжение электродвигатели могут защищаться автоматическими выключателями или предохранителями.

При включении катушек на фазное напряжение в качестве защитных аппаратов должны применяться трехполюсные автоматические выключатели. Один конец катушки магнитного пускателя должен быть надежно присоединен к нулевому проводнику питающей линии или отдельному изолированному проводнику, присоединенному к нулевой точке сети (N или PE/PEN).

Примечание. Допускается при включении катушек магнитных пускателей на фазное напряжение применять предохранители, если предусмотрены специальные устройства, действующие на отключение пускателя при сгорании предохранителей в одной или любых двух фазах. Предохранители для защиты указанных электродвигателей при междуфазном и фазном включениях катушек магнитных пускателей рекомендуется применять только в тех случаях, когда установка автоматических выключателей по каким-либо причинам не может быть обеспечена (невозможность поставки автоматов, реконструкция действующего предприятия и т. д.).

В сложных разветвленных взаимосвязанных схемах управления группой электроприводов задвижек (вентилей) цепи управления электродвигателей могут питаться как от главных (силовых) цепей, так и от постороннего источника питания, например, отдельного трансформатора, подключаемого по возможности к той же сборке, от которой питаются силовые цепи электродвигателей.

При питании цепей управления группы электродвигателей от постороннего источника питания должны быть предусмотрены блокировочные зависимости, обеспечивающие:

а) отключение цепей управления каждого электродвигателя при срабатывании его автомата защиты (например, путем введения в цепь управления электродвигателя блок-контакта автомата защиты либо иным способом);

б) отключение главных цепей электродвигателей во всех случаях исчезновения напряжения и недопустимости самозапуска электродвигателей (при исчезновении и последующем восстановлении напряжения).

Напряжение цепей управления электродвигателей в сложных разветвленных схемах, питающихся от постороннего источника, не должно, как правило, превышать 220 В; защита электродвигателей должна осуществляться трехполюсными автоматическими выключателями.

Защита цепей управления электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей), питающихся от главных (силовых) цепей, когда цепи управления и силовые цепи выполнены проводниками одного сечения, осуществляется, как правило, защитными аппаратами, установленными в главных цепях электродвигателей; защита цепей управления, питающихся от постороннего источника, должна осуществляться в соответствии с требованиями к распределенной сети (подраздел 13.6.3).

При управлении электродвигателями исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) из нескольких мест или при наличии нескольких видов управления (например, автоматического и дистанционного) должны предусматриваться переключающие аппараты (ключи выбора режима), исключающие возможность пуска электродвигателей из нескольких мест.

Ключи выбора режима в зависимости от требований удобства эксплуатации могут устанавливаться как по месту непосредственно у механизма, так и на щите, с которого ведется управление; не следует совмещать в одном ключе функции ключа выбора режима и аппаратов управления электродвигателями (таблица 13.Т6).

Аппараты управления по месту, если электроприводы управляются из нескольких мест, должны предусматриваться только в тех случаях, когда затруднена возможность опробования со щита управления (например, щит и задвижки в разных помещениях), либо когда это диктуется необходимостью, помимо других видов

управления, иметь возможность независимого управления по месту (например, при необходимости пуска первой очереди производства без централизованного или автоматического управления).

13.6.4. Выбор аппаратов управления и защиты

Выбор аппаратов управления и защиты в системах электропитания должен производиться с учетом следующих основных требований (п. 2.38 ВСН 205–84):

а) напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и допустимому длительному току цепи;

Номинальные токи аппаратов защиты следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам отдельных электроприемников; при этом аппараты защиты не должны отключать цепь при кратковременных перегрузках (например, при пусках электродвигателей);

б) аппараты управления должны включать и при необходимости отключать пусковой ток электроприемника и отключать полный рабочий ток;

в) аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать токам короткого замыкания в начале защищаемого участка; отключение защищаемой линии или электроприемника должно осуществляться с наименьшим временем;

г) при коротких замыканиях по возможности должна быть обеспечена селективность работы защитных аппаратов с ниже и выше стоящими защитными аппаратами;

Рекомендуется номинальные токи каждого последующего по направлению тока аппарата защиты (предохранителей и тепловых расцепителей) принимать на две ступени ниже, чем предыдущего, если это не приводит к завышению сечения проводов;

д) аппараты защиты должны обеспечивать надежное автоматическое отключение одно- и многофазных коротких замыканий в сетях TN-C, TN-C-S и двух-, трехфазных коротких замыканий в сетях с изолированной нейтралью в наиболее удаленной точке защищаемой цепи; для этого токи однофазного короткого замыкания в сетях TN-C и TN-C-S и двух-, трехфазного короткого замыкания в сетях с изолированной нейтралью должны превышать не менее чем: в 3 раза номинальный ток плавкой вставки предохранителя данной цепи; в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратную зависимость от тока характеристику; в 1,4 раза ток уставки мгновенного срабатывания автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель (отсечку) с номинальным током до 100 А.

При выборе аппаратов следует учитывать условия окружающей среды и другие условия будущей эксплуатации аппаратов.

13.6.4.1. Выключатели, переключатели

Для включения и отключения электроприемников и участков распределительной сети при нормальной работе и при проведении ремонтных работ используется:

- пакетные выключатели типов ПВ и ПП;
- рубильники Р-16;
- тумблеры-переключатели типов ТВ1, ТВ2, ТП1.

В настоящее время на отечественном рынке, кроме указанных аппаратов, имеется большое число различных выключателей (переключателей, которые по своим тактико-техническим характеристикам (напряжение до 250 В, ток переключения до 10 А, частота 50–400 Гц, число полюсов 1, 2, 3 и др.)) удовлетворяют требованиям систем автоматизации.

Для целей отключения цепей также широко используются автоматические выключатели.

13.6.4.2. Предохранители

Для защиты цепей и электроприемников от токов короткого замыкания и перегрузки используются предохранители.

В предохранителях устанавливается так называемая плавкая вставка (в обиходе – предохранитель), которая под действием проходящего через нее электрического тока нагревается и при определенном значении тока расплавляется, перегорает, тем самым разрывая цепь электрического тока.

Предохранители при повышенной силе тока плавятся очень быстро, так что ток короткого замыкания возникает на крайне короткое время. Предохранители в АСУТП характеризуются номинальным напряжением до 250 В, номинальным током от 0,15 до 20 А, предельным отключаемым током короткого замыкания, при котором дуга гасится без механического повреждения конструктивов предохранителя (цоколь, патрон, розетка, основание и т. п.).

Предохранитель является аппаратом разового действия, требующего замены плавной вставки для восстановления работоспособности. Предохранитель устанавливается в каждую линию цепи. Так как естественный разброс характеристик плавных вставок по времени плавления при различных токах значителен, то в многофазных цепях могут появляться неполнофазные отключения (предохранители перегорают не во всех фазах защищаемой цепи).

Неполнофазные отключения могут приводить к аварийным ситуациям и не обеспечивают электробезопасность цепи. Такие отключения требуют дополнительных средств контроля, сигнализации и управления. Отключение одновременно всех фаз цепи достигается применением автоматического выключателя (автомата).

13.6.4.3. Автоматические выключатели

Автоматический выключатель может заменить рубильник и предохранитель, а в известной степени магнитный пускатель с ручным управлением, что удобно в эксплуатации.

Автоматический выключатель – аппарат многократного действия, безопасен и точен в работе. В то же время автоматический выключатель дороже и сложнее, чем рубильник и набор предохранителей. Сегодняшнее компактное исполнение автоматического выключателя таково, что набор держателя с предохранителем и переключатель (рубильник) занимает в щите большую поверхность, чем поверхность, занимаемая автоматом. Это немаловажно при значительном количестве защищаемых электрических цепей на одном щите (панели) питания, например, цепи ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов контроллера. Компоновка аппаратов защиты в щите PLC будет рассмотрена в соответствующей главе «Общий вид щита».

По видам защиты автоматические выключатели разделяются на основные типы:

- для защиты от короткого замыкания (с электромагнитным расцепителем);
- для защиты от токов перегрузки (с тепловым расцепителем или с электромагнитным расцепителем с гидравлическим замедлением срабатывания);
- для защиты от токов короткого замыкания и от токов перегрузки (с комбинированным расцепителем – электромагнитным и тепловым или электромагнитным с гидрозамедлением срабатывания);
- с полупроводниковым расцепителем.

Автоматический выключатель может иметь также расцепитель минимального напряжения, расцепитель дистанционного отключения и др.

Электромагнитный расцепитель – электромагнитное реле максимального тока и связанный с ним специальный механизм отключения с пружиной, который воздействует на контакты автоматического выключателя.

Тепловой расцепитель – содержит биметаллическую пластину, которая при изгибании под действием электрического тока воздействует на механизм расцепления.

Электромагнитный расцепитель с гидравлическим замедлением срабатывания – электромагнитный расцепитель, снабженный специальным гидравлическим устройством, которое создает выдержку времени обратозависимую от протекающего тока (чем больше ток в линии, тем быстрее происходит отключение цепи).

Механизм отключения автоматического выключателя сконструирован на принципе свободного расцепления, которое осуществляет моментное размыкание контактов, независимое от положения ручного органа управления автоматического выключателя (включен/отключен) и скорости его движения при ручном отключении, а также моментное замыкание контактов только под действием ручного органа управления.

Полупроводниковый расцепитель создан на базе полупроводниковых элементов (диодов, тиристоров и т. д.), обладает большой стабильностью срабатывания, удобен (как все электронные устройства) в настройке, осуществляет срабатывание механизма отключения в зоне перегрузки с выдержкой времени, обратозависимой от тока защищаемой цепи.

Времятоковая характеристика автоматического выключателя представляет собой график с логарифмической системой координат, имеющий две ветви, при этом время срабатывания выключателя находится в зоне, ограниченной этими ветвями.

Времятоковые характеристики представлены в виде таблиц и графиков в описании конкретных изделий. В таблицах для удобства компоновки в качестве отправных точек использованы значения токов, характерных для всех видов выключателей (характерные точки). Эти точки определены при одинаковых стандартных условиях (температуре окружающего воздуха, равной 40 °С и одновременной нагрузке всех полюсов).

В качестве характерных точек в зоне токов перегрузки, где срабатывает только тепловой или полупроводниковый расцепитель, выбраны:

- ток несрабатывания расцепителя – 1,05;
- I_n – с холодного состояния выключателя;
- ток срабатывания расцепителя, равный 1,25 I_n , 1,3 I_n или 1,35 I_n ;
- 1,5 I_n – с нагретого состояния выключателя (условия нагрева приведены в соответствующих таблицах).

В выключателях с тепловыми и электромагнитными расцепителями (рис. 13.Р1) в зависимости от расположения ветвей времятоковой характеристики в системе ко-

ординат возможны три варианта положения указанных выше характеристик точек (точки А):

I – точка А не лежит ни на одной из ветвей характеристик (в таблице это положение представлено как «не срабатывает при...»);

II – точка А' принадлежит только нижней ветви характеристики (в таблице представлена одной координатой срабатывания выключателя);

III – точки А'' и А''' принадлежат двум ветвям характеристики (в таблице представлен интервал срабатывания).

Характерными точками в зоне больших токов порядка 6 In, 7 In и выше, где в зависимости от характера тока (ток КЗ и перегрузки) может сработать или электромагнитный или тепловой расцепитель, являются уставки по току срабатывания электромагнитного расцепителя. При этом следует обратить внимание на то, что в этих характерных точках время срабатывания выключателя определяется по времятоковым характеристикам теплового расцепления (положение IV, точки Б и Б'). В случае если уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя представлена зоной срабатывания, то в качестве характерных точек взяты точки пересечения зон срабатывания теплового и электромагнитного расцепителей (точки Б1'' и Б1''', положение V).

В селективных выключателях с полупроводниковыми расцепителями (рис. 13.P2) времятоковые характеристики зависят от уставки по времени срабатывания полупроводникового расцепителя в зоне 5- или 6-кратной перегрузки (уставки 4, 8, 16 с) и в зоне токов КЗ (в зоне селективности) – уставки 0,1; 0,25; 0,4 с).

В таблице 13.T7 приведены условия срабатывания выключателей при КЗ и перегрузках в зависимости от уставок времени.

13.6.4.4. Магнитные пускатели

Магнитный пускатель выполняет функции дистанционного или автоматического включения и отключения электроприемников различного типа.

В АСУТП магнитный пускатель управляет электродвигателем исполнительного механизма или электроприводом задвижек.

Магнитный пускатель также выполняет функции защиты от перегрузки и понижения напряжения, от самопуска, обеспечивает различного вида блокировки, в том числе при реверсировании. Основной частью магнитного пускателя является контактор. Его катушка обеспечивает защиту от понижения напряжения. Защиту от перегрузки осуществляют тепловые реле, которые могут встраиваться в магнитный пускатель. Блокировка с другими аппаратами осуществляется с помощью блокировочных контактов пускателя, а реверсирование – с помощью реверсных пускателей (последние состоят из двух нормальных пускателей, электрически и механически заблокированных между собой).

Для электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек в основном используются магнитные пускатели серии ПМЕ и др.

13.6.4.5. Условия выбора аппаратов

В подразделах 13.6.4.1–13.6.4.4 приведены краткие описания аппаратов защиты и управления для цепей электроприемников.

Выбор конкретного аппарата защиты и управления производится с учетом параметров как аппаратов защиты и управления, так и питающей сети/цепи электроприемников, наименования и характеристики которых указаны в таблице 13.Т8.

В цепях электропитания АСУТП рекомендуется пунктами 2.36, 2.40, 2.41, 2.47, 2.48 ВСН 205–84 применение предохранителей совместно с выключателями, а также автоматических выключателей, что показано в таблице 13.Т10.

Соотношение параметров разного вида аппаратов и цепей сведены в таблицу 13.Т.9. Для выбора вида аппарата по вертикальной графе необходимо выполнить условия, указанные в строках таблицы и отмеченные знаком «+» в соответствующей графе.

13.6.5. Выполнение принципиальных электрических схем питания

Принципиальные электрические цепи питания АСУТП выполняются отдельно для питающей и распределительной сетей. Питающую сеть, в соответствии с ГОСТ 21.613–88 «СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи», изображают на отдельном листе при однолинейном изображении (схема 13.Сх.24). Иногда при малом числе электроприемников в распределительной сети целесообразно обе сети изображать на одном листе в проектной части «КИП и автоматика» марки АТХ.

Схема распределительной сети показана на 13.Сх.21.

В нижней части схемы расположена таблица, в которой указываются характеристики электроприемников распределительной сети. Этот так называемый «подвал» схемы содержит следующие данные (сверху вниз):

- позиция по спецификации и схеме автоматизации;
- тип электроприемника;
- напряжение номинальное электроприемника, В;
- ток (при номинальных режимах), А;
- мощность потребляемая, Вт;
- место установки электроприемника.

Перечисленные данные необходимы для выбора средств электрозащиты и проводников электропитания.

Выше «подвала» с левой стороны помещается таблица с данными элементов цепей питания. Сверху вниз по направлению подачи электропитания к приемникам (исключение составляет ввод питания в распределенную сеть, который показывается снизу) в таблице указывается:

- участок сети общей для всей распределенной сети после вводных устройств управления и защиты (обозначение, марка и сечение проводников*);
- аппараты управления и защиты цепей сети по рекомендациям подраздела 13.6.3 и схеме 13.Сх.23 «Пособия» – обозначение, тип, номинальный ток (А), установка расцепителя автомата QF или плавкая вставка предохранителя FU (А);
- участок сети между аппаратами управления и защиты и аппаратами вспомогательными (преобразователь, источник питания, разделитель, барьер искробезопасности и т. п.) или (при отсутствии вспомогательных аппаратов) непосредственно с электроприемниками (обозначение, марка и сечение проводников*);
- вспомогательные аппараты (преобразователи, трансформаторы, источники питания, разделители, барьеры и т. п.) там, где они применяются – обозначение

ние, тип, входные электрические параметры: напряжение $U_{вх}$ (В), ток потребляемый $I_{вх}$ (А), мощность потребляемая $P_{вх}$ (Вт); выходные электрические параметры: $U_{вых}$ (В), $I_{вых}$ макс. (А), мощность выходная $P_{вых}$ (Вт*);

– участок сети от вспомогательных аппаратов до электроприемника (обозначение, марка и сечение проводников*).

В определенных случаях некоторые данные, отмеченные знаком*, могут быть не указаны (марка и сечение проводников, выходная мощность, ток входной, ток выходной и др.).

На линиях распределительной сети АСУТП, как правило, не указывают данные, которые в соответствии с ГОСТ 21.608-84 (приложение 4) приводят в цепях схемы питающей сети. Это объясняется тем, что электроприемники АСУТП имеют малую потребляемую мощность и малые токи, и незначительные моменты нагрузки.

На поле чертежа для каждого электроприемника на уровне соответствующих строк вертикальной таблицы изображаются условными обозначениями по ГОСТ 21.608-84 линии сети с аппаратами управления, защиты, преобразования и др. Около условных обозначений проставляются данные в соответствии с вертикальной таблицей, помещенной на схеме.

Элементы цепей электрической схемы питания записывают в перечень элементов таким образом, как указано в главе 11.

Чертеж питающей сети выполняется следующим образом. В нижней части чертежа располагается таблица «Электроприемники» с характеристиками щитов питания или сборок питания АСУТП. В строках таблицы соответственно для каждого щита/сборки указывается:

- № электропотребителя по плану или спецификации;
- наименование щита/сборки;
- тип щита/сборки или чертежа общего вида (в случае нестандартированного типа щита/сборки);
- место установки;
- установленная мощность $P_{уст}$ (кВт или Вт);
- номинальный ток потребления $I_{ном}$ (А);

В левой части чертежа располагается таблица с данными питающей сети (сверху вниз):

- аппарат на вводе, обозначение, тип, номинальный ток $I_{ном}$ (А), расцепитель (А), напряжение (В), установленная мощность (кВт), расчетный ток $I_{расч.}$ (А);
- аппарат отводящей линии (питающей цепи) – обозначение, тип, $I_{ном}$ (А), расцепитель или главная вставка (А);
- обозначение, марка и сечение проводника питающей сети, длина участка (м), защитная труба (тип и длина);
- пусковой аппарат (в случае необходимости) – обозначение, тип, $I_{ном}$ (А), расцепитель (А), уставка теплового реле (А);
- обозначение, марка и сечение проводника к потребителю с соответствующими характеристиками.

На поле чертежа для каждого щита/сборки на уровне соответствующих строк таблицы изображается условными обозначениями по ГОСТ 21.608-84 линии питающей сети с аппаратами управления, защиты, учета, преобразования. Около условных изображений указываются данные аппаратов и проводов. Рекомендуется при

однолинейном изображении цепи питания слева от вертикальной линии (сверху при горизонтальном изображении линии) указывать через тире в следующем порядке (рисунок 13.Р3):

Л1. Маркировка цепи по кабельному журналу и схеме соединений;

Л2. Расчетная нагрузка $P_{расч.}$ в кВт;

Л3. Коэффициент мощности;

Л4. Расчетный ток I_n в А;

Л5. Длина участка проводника (кабеля, троса, провода и т. п.) в м.

Справа от вертикальной линии (снизу при горизонтальном изображении линии) рекомендуется указывать через тире следующие данные:

П1. Расчетный момент нагрузки ($M_a = P_{расч.} \times l$) в кВт·м;

П2. Потеря напряжения до приемника (ΔU) в %;

П3. Марка и сечение проводника цепи;

П4. Способ прокладки.

13.7. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 2.701-84	ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
ГОСТ 2.702-75*	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
ГОСТ 2.709-89	ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
ГОСТ 2.710-81	ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
ГОСТ 2.730-73	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые
ГОСТ 2.732-68*	ЕСКД. Источник света
ГОСТ 2.747-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
ГОСТ 21.608-84	СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи
ГОСТ 21.613-88	СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи.
ГОСТ 26.011-80	Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные
ГОСТ 34.201-89	Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем.
ГОСТ 6616-94	Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия.

ГОСТ 6651-94	Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний.
ГОСТ 13109-67*	Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения.
ГОСТ Р 8.585-2001	ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования
ВСН 205-84	Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов
ПБ 09-540-03	Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
ПУЭ	Правила устройства электроустановок.

13.8. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

В. Половинкин. Журнал СТА «Современная технология и автоматизация», 2002, № 1.
В. Жданкин. Журнал СТА «Современная технология и автоматизация», 2004, № 1.

13.9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Аварийная технологическая сигнализация	13.5.4
Автоматический режим управления	13.5.5
Адресное обозначение.	13.4.6
Адресный или встречный способ маркировки	13.4.7
Ведение технологического процесса.	13.5.5
Вид сигнализации	13.5.4
Времятоковая характеристика	13.6.4.4
Командно-переговорная сигнализация	13.5.4
Местное заблокированное управление.	13.5.5
Местный режим управления	13.5.5
Назначение схемы сигнализации	13.5.4
Обозначение электрического контакта.	13.4.5
Позиционное обозначение.	13.4.4
Полупроводниковый расцепитель.	13.6.4.4
Потенциальный способ маркировки цепей	13.4.7
Порядковые номера.	13.4.4
Предупредительная технологическая сигнализация.	13.5.4
Разнесенный способ	13.4.1
Режим.	13.5.5

Режим «дистанционного управления»	13.5.5
Режим управления электроприводом	13.5.5
Светозвуковая сигнализация	13.5.4
Составное обозначение	13.4.2
Совмещенный способ	13.4.1
Станция управления	13.5.5
Строчный способ	13.4.1
Схема предупредительной и аварийной технологической сигнализации	13.5.4
Тепловой расцепитель	13.6.4.3
Технологическая сигнализация	13.5.4
Технологическая сигнализация положения механизмов, регулирующих им переключающий поток	13.5.4
Участок электрической цепи	13.4.1
Функция элемента	13.4.4
Виды цепей	
Цепь блокировки	13.5.1
Цепь защиты	13.5.1
Цепь измерения	13.5.1
Цепь контроля	13.5.1
Цепь питания	13.5.1
Цепь регулирования	13.5.1
Цепь сигнализации	13.5.1
Цепь управления	13.5.1
Электрическое устройство	13.4.1
Электрическая цепь	13.4.1
Электрический элемент	13.4.1
Электрооборудование	13.5.1
Электроприемник	13.5.1
Электроприемник особой группы	13.6.2
Электроприемники первой категории	13.6.2
Электроприемники второй категории	13.6.2
Электроприемники третьей категории	13.6.2
Электропривод	13.5.5
Электромагнитный расцепитель	13.6.4.3
Электромагнитный расцепитель с гидравлическим замедлением срабатывания	13.6.4.3

**ВЫПИСКА ИЗ «ОБЩИХ ПРАВИЛ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ, ХИМИЧЕСКИХ, НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ
И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ»
ПБ 09-540-03**

6. Системы контроля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты технологических процессов

6.1. Общие требования

6.1.1. Системы контроля технологических процессов, автоматического и дистанционного управления (системы управления), системы противоаварийной автоматической защиты (системы ПАЗ), а также системы связи и оповещения об аварийных ситуациях (системы СиО), в том числе поставляемые комплектно с оборудованием, должны отвечать требованиям настоящих Правил, действующей нормативно-технической документации, проектам, регламентам и обеспечивать заданную точность поддержания технологических параметров, надежность и безопасность проведения технологических процессов.

6.1.2. Выбор систем контроля, управления и ПАЗ, а также СиО по надежности, быстродействию, допустимой погрешности измерительных систем и другим техническим характеристикам осуществляется с учетом особенностей технологического процесса и в зависимости от категории взрывоопасности технологических блоков, входящих в объект.

6.1.3. Оптимальные методы и средства противоаварийной автоматической защиты выбираются на основе анализа их опасностей технологических объектов, условий возникновения и развития возможных аварийных ситуаций, особенностей технологических процессов и аппаратного оформления. Рациональный выбор средств для систем ПАЗ осуществляется с учетом их надежности, быстродействия и т. п.

6.1.4. Размещение электрических средств и элементов систем контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения во взрывоопасных зонах производственных помещений и наружных установок, степень взрывозащиты должны соответствовать требованиям нормативных документов по устройству электроустановок.

6.1.5. Во взрывоопасных помещениях и снаружи, перед входными дверями, предусматривается устройство световой и звуковой сигнализации о загазованности воздушной среды.

6.1.6. Средства автоматики, используемые по плану локализации аварийных ситуаций, должны быть обозначены по месту их размещения в технологическом регламенте и инструкциях.

6.1.7. Системы контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения маркируются с нанесением соответствующих надписей, четко отражающих их функциональное назначение, величины уставок защиты, критические значения контролируемых параметров.

6.1.8. Размещение систем контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения осуществляется в местах, удобных и безопасных для обслуживания. В этих местах должны быть исключены вибрация, загрязнение продуктами технологии, механические и другие вредные воздействия, влияющие на точность, надежность и быстродействие систем.

При этом предусматриваются меры и средства демонтажа систем и их элементов без разгерметизации оборудования и трубопроводов.

6.2. Системы управления технологическими процессами

6.2.1. Процессы, имеющие в своем составе объекты с технологическими блоками I категории взрывоопасности, оснащаются, как правило, автоматическими системами управления на базе электронных средств контроля и автоматики, включая средства вычислительной техники.

6.2.2. Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) на базе средств вычислительной техники должна соответствовать требованиям технического задания и обеспечивать:

- постоянный контроль за параметрами процесса и управление режимом для поддержания их регламентированных значений;
- регистрацию срабатывания и контроль за работоспособным состоянием средств ПАЗ;
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды в пределах объекта;
- постоянный анализ изменения параметров в сторону критических значений и прогнозирование возможной аварии;
- действие средств управления и ПАЗ, прекращающих развитие опасной ситуации;
- действие средств локализации аварийной ситуации, выбор и реализацию оптимальных управляющих воздействий;
- проведение операций безаварийного пуска, остановки и всех необходимых для этого переключений;
- выдачу информации о состоянии безопасности на объекте в вышестоящую систему управления.

6.2.3. В помещениях управления должна предусматриваться световая и звуковая сигнализация, срабатывающая при достижении предупредительных значений параметров процесса, определяющих его взрывоопасность.

6.3. Системы противоаварийной автоматической защиты

6.3.1. Надежность и время срабатывания систем противоаварийной автоматической защиты определяются разработчиками систем ПАЗ с учетом требований технологической части проекта. При этом учитываются категория взрывоопасности технологических блоков, входящих в объект, и время развития возможной аварии.

Время срабатывания системы защиты должно быть таким, чтобы исключалось опасное развитие процесса.

В системах ПАЗ запрещается применение многоточечных приборов контроля параметров, определяющих взрывоопасность процесса.

6.3.3. Выбор системы ПАЗ технологических объектов и ее элементов осуществляется исходя из условий обеспечения ее работы при выполнении требований по эксплуатации, обслуживанию и ремонту в течение всего межремонтного пробега защищаемого объекта.

Нарушение работы системы управления не должно влиять на работу системы ПАЗ.

6.3.4. В системах ПАЗ и управления технологическими процессами должно быть исключено их срабатывание от случайных и кратковременных сигналов нарушения нормального хода технологического процесса, в том числе и в случае переключений на резервный или аварийный источник электропитания.

6.3.5. В случае отключения электроэнергии или прекращения подачи сжатого воздуха для питания систем контроля и управления системы ПАЗ должны обеспечивать перевод технологического объекта в безопасное состояние. Необходимо исключить возможность произвольных переключений в этих системах при восстановлении питания.

Возврат технологического объекта в рабочее состояние после срабатывания ПАЗ выполняется обслуживающим персоналом по инструкции.

6.3.6. В проектной документации, технологических регламентах и перечнях систем ПАЗ объектов с технологическими блоками всех категорий взрывоопасности наряду с уставками защиты по опасным параметрам указываются границы критических значений параметров.

6.3.7. Значения уставок систем защиты определяются с учетом погрешностей срабатывания сигнальных устройств средств измерения, быстродействия системы, возможной скорости изменения параметров и категории взрывоопасности технологического блока. При этом время срабатывания систем защиты должно быть меньше времени, необходимого для перехода параметра от предупредительного до предельно допустимого значения.

Значения уставок приводятся в проекте и технологическом регламенте.

6.3.8. Для объектов с технологическими блоками любых категорий взрывоопасности предусматривается предаварийная сигнализация по предупредительным значениям параметров, определяющих взрывоопасность объектов.

6.3.9. Исполнительные механизмы систем ПАЗ, кроме указателей крайних положений непосредственно на этих механизмах, должны иметь устройства, позволяющие выполнять индикацию крайних положений в помещении управления.

6.3.10. Надежность систем ПАЗ обеспечивается аппаратурным резервированием различных типов (дублирование, троирование), временной и функциональной избыточностью и наличием систем диагностики и самодиагностики. Достаточность резервирования и его тип обосновываются разработчиком проекта.

6.3.11. Надежность контроля параметров, определяющих взрывоопасность процесса, на объектах с технологическими блоками I и II категории взрывоопасности обеспечивается дублированием систем контроля параметров, наличием систем самодиагностики с индикацией рабочего состояния, с сопоставлением значений технологически связанных параметров.

Технические решения по обеспечению надежности контроля параметров, имеющих критические значения, на объектах с технологическими блоками III категории взрывоопасности разрабатываются и обосновываются разработчиком проекта.

6.3.12. Установка деблокирующих ключей в схемах ПАЗ объектов с блоками любых категорий взрывоопасности допускается только для обеспечения пуска, остановки или переключений. Количество таких ключей должно быть минимальным. При этом предусматриваются устройства, регистрирующие все случаи отключений параметров защиты и их продолжительность.

6.3.13. Контроль за параметрами, определяющими взрывоопасность технологических процессов с блоками I категории взрывоопасности, осуществляется не менее чем от двух независимых датчиков с отдельными точками отбора.

6.3.14. Перечень контролируемых параметров, определяющих взрывоопасность процесса в каждом конкретном случае, составляется разработчиком процесса.

6.5. Энергетическое обеспечение систем контроля, управления и ПАЗ

6.5.1. Системы контроля, управления и ПАЗ объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности по обеспечению надежности электроснабжения относятся к особой группе электроприемников I категории в соответствии с требованиями нормативных документов к устройству электроустановок.

Необходимость отнесения систем контроля, управления и ПАЗ объектов с технологическими блоками II и III категории взрывоопасности к электроприемникам особой группы определяется проектом.

6.5.2. Мощность третьего независимого источника электроснабжения, предназначенного для питания систем контроля, управления и ПАЗ объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности, должна обеспечить работу всех элементов системы, задействованных в безаварийной остановке технологического объекта.

Рисунок 13.Р1

Времятоковые характеристики выключателей с тепловыми и электромагнитными максимальными расцепителями

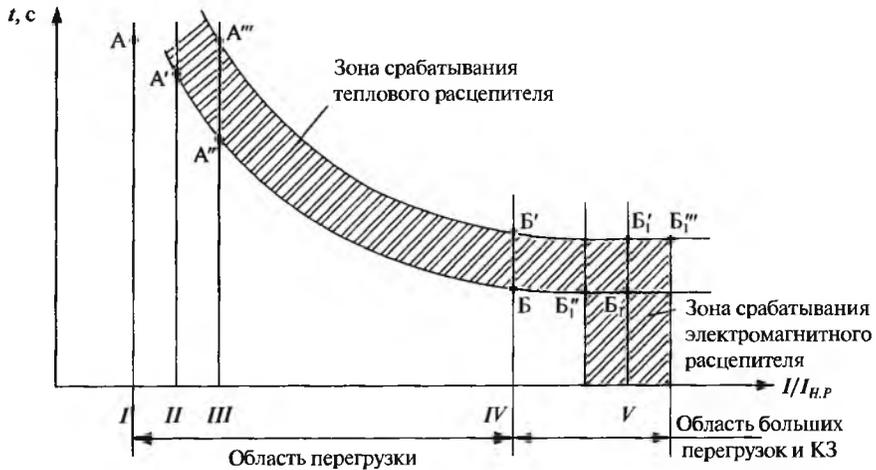
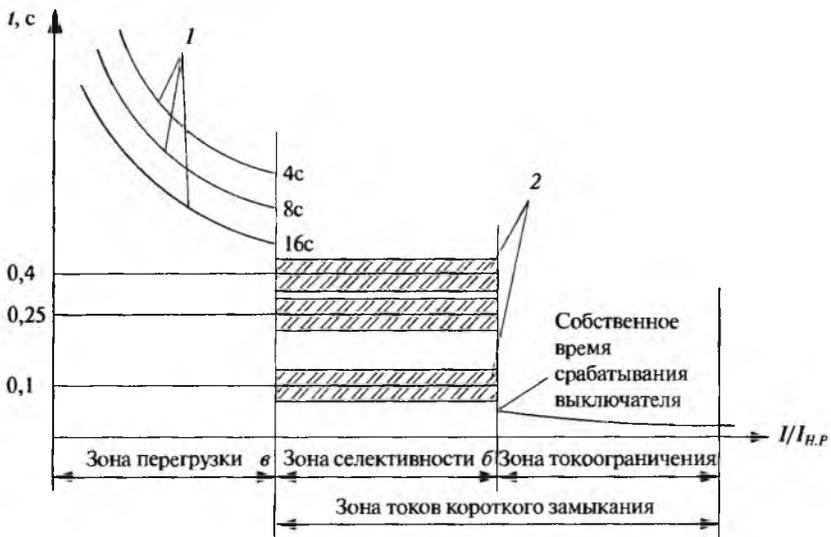


Рисунок 13.Р2

Времятоковые характеристики селективных выключателей с полупроводниковыми максимальными расцепителями

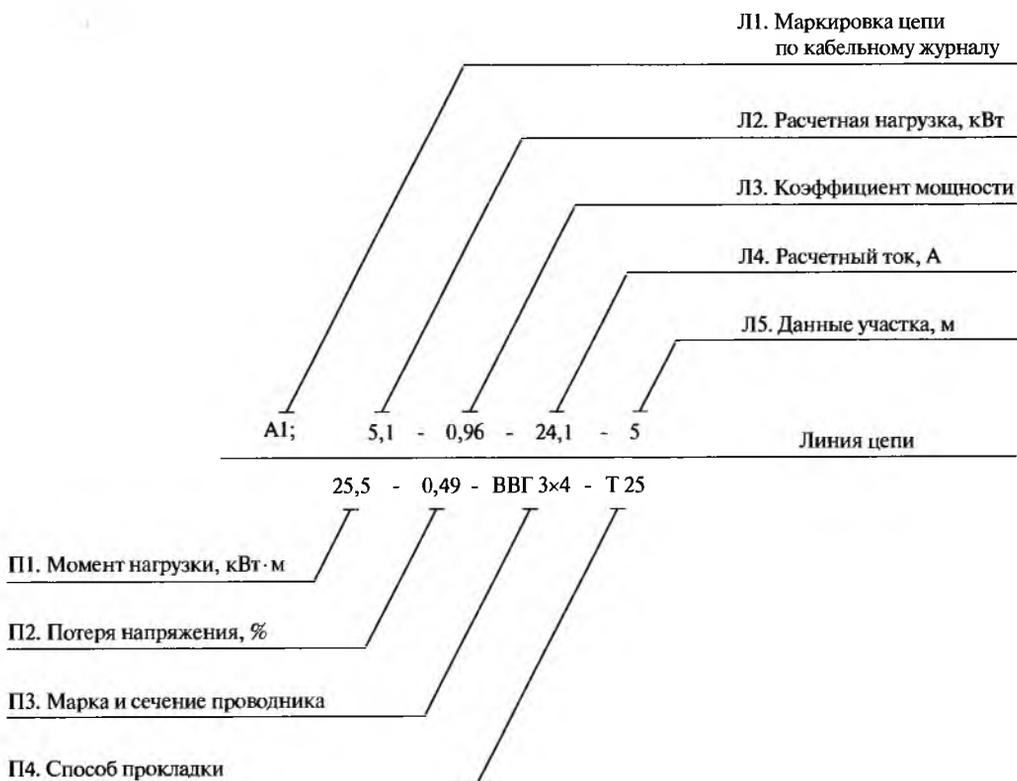


Примечания:

- 1 – времятоковые характеристики в зоне перегрузки в зависимости от установки по времени срабатывания в зоне перегрузки и КЗ полупроводникового расцепителя;
- 2 – зоны установки по времени срабатывания полупроводникового расцепителя в зоне селективности;
- a – нижняя граница зоны селективности;
- b – верхняя граница зоны селективности.

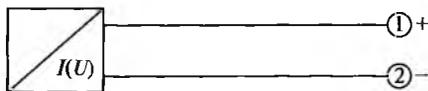
Рисунок 13.Р3

Данные электрической цепи питания при однолинейном изображении

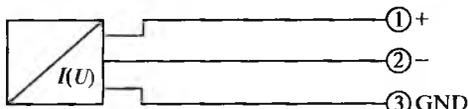


Цепи измерения

Двухпроводная цепь измерения тока (напряжения)



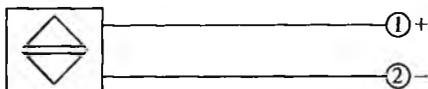
Трехпроводная цепь измерения тока (напряжения)



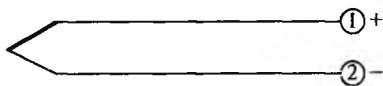
Индуктивный сенсор постоянного тока



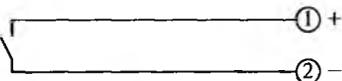
Индуктивный сенсор переменного тока



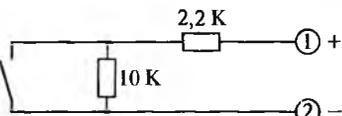
Термопара



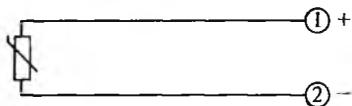
«Сухой контакт»



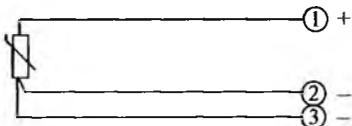
«Сухой контакт» с контролем исправности линии (LFD)



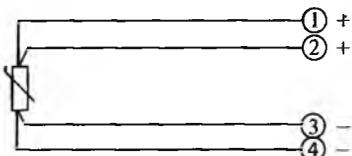
Термометр сопротивления, потенциометр, резистор
Двухпроводная цепь



Термометр сопротивления, потенциометр, резистор
Трехпроводная цепь



Термометр сопротивления, потенциометр, резистор
Четырехпроводная цепь



Разновидности схем сигнализации

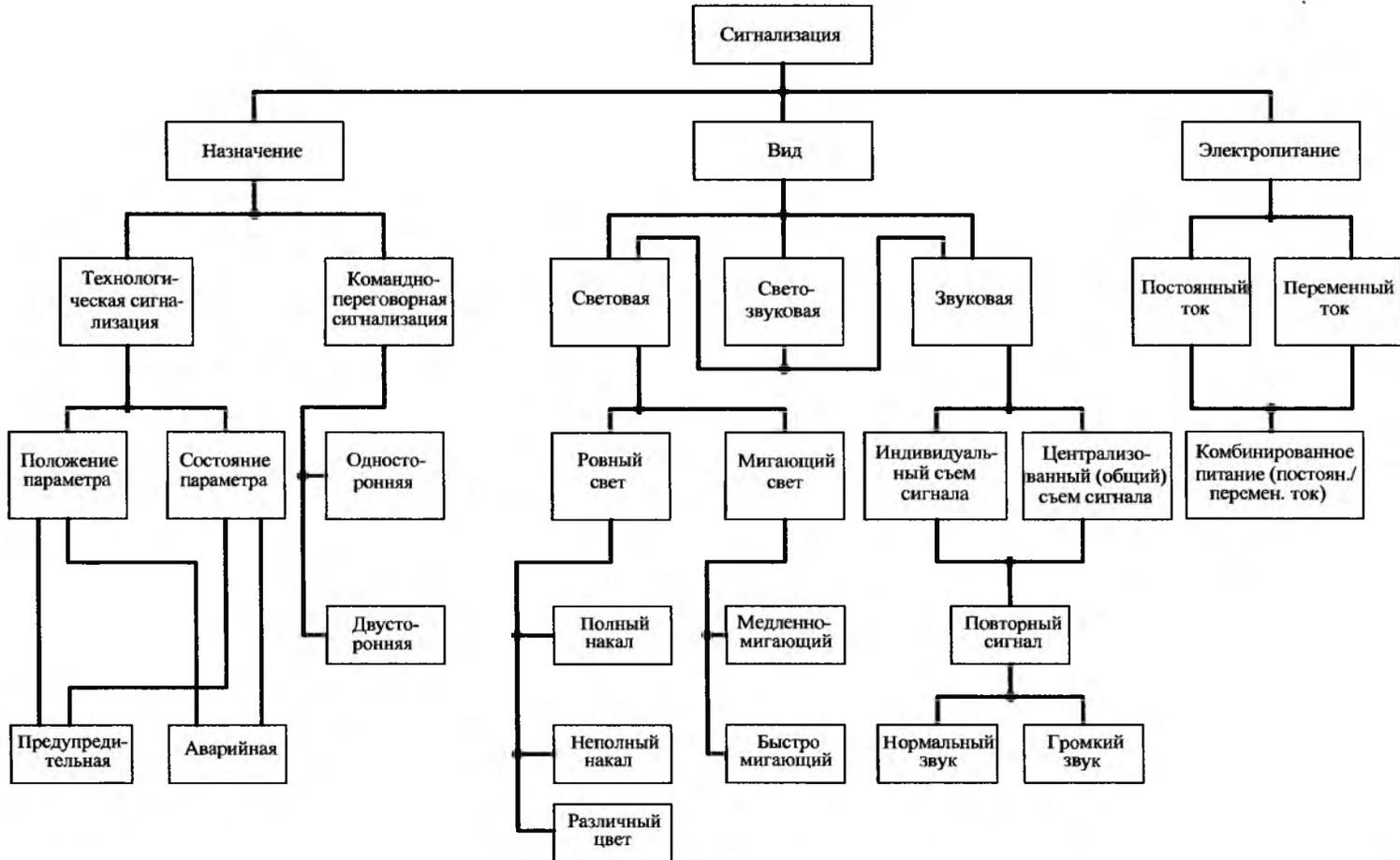
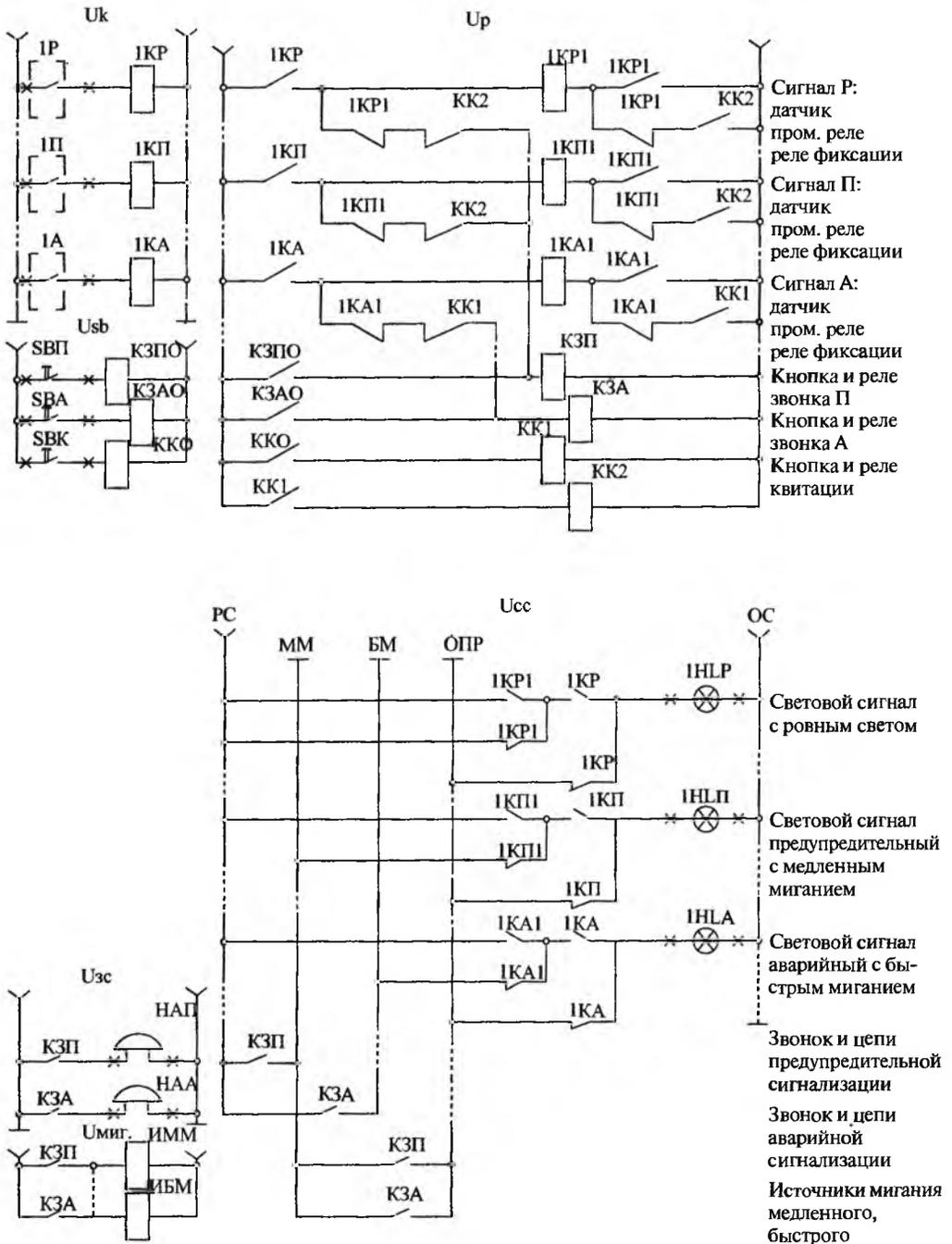
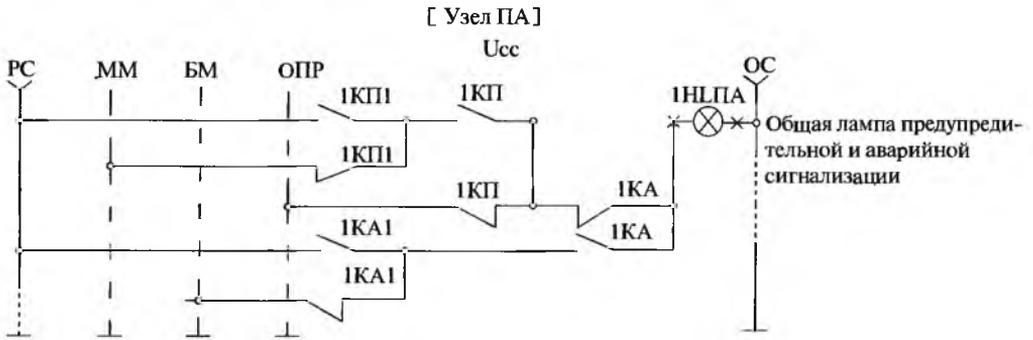


Схема 13.Сх3

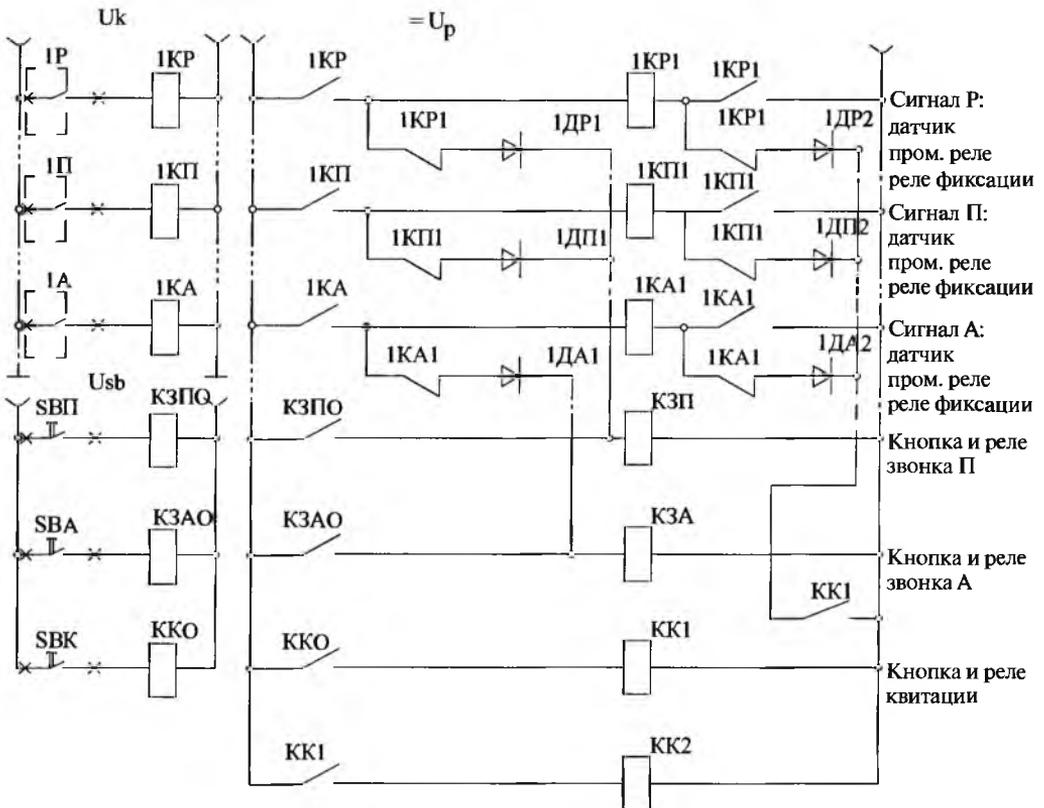
Схема предупредительной и аварийной технологической сигнализации
Вариант с использованием реле квитиации



Окончание схемы 13.Сх3



Вариант с использованием диодов узел Д



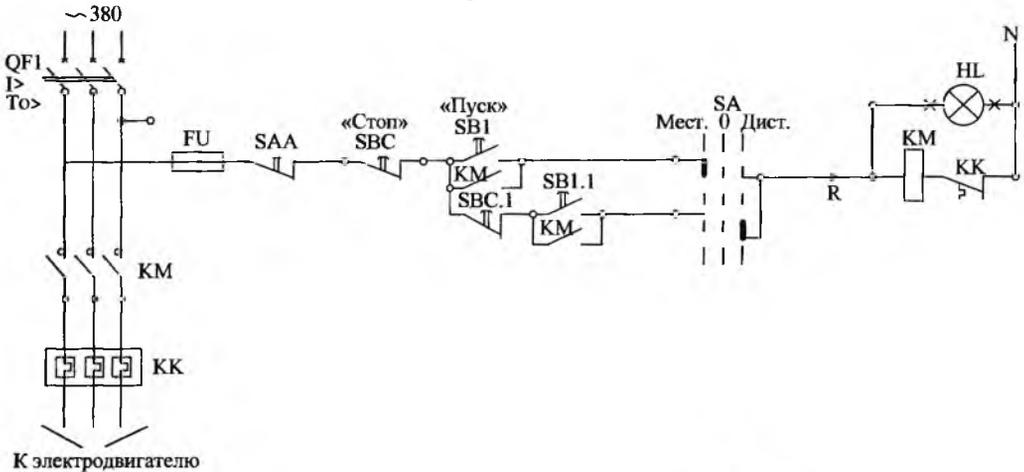
Примечания:

- Напряжения:
 U_к – цепей контроля;
 U_р – цепей питания реле;
 U_{зс} – цепей звуковой сигнализации;
 U_{сс} – цепей световой сигнализации;
 × – точка подключения командно-сигнальных аппаратов к средствам вычислительной техники

- Контакты:
 1Р – сигнал с ровным светом;
 1П – сигнал с медленным миганием предупредительный;
 1А – сигнал с быстрым миганием аварийный

Схема 13.Сх4

Схема сигнализации состояния электродвигателя механизма длительного действия
Вариант «а»



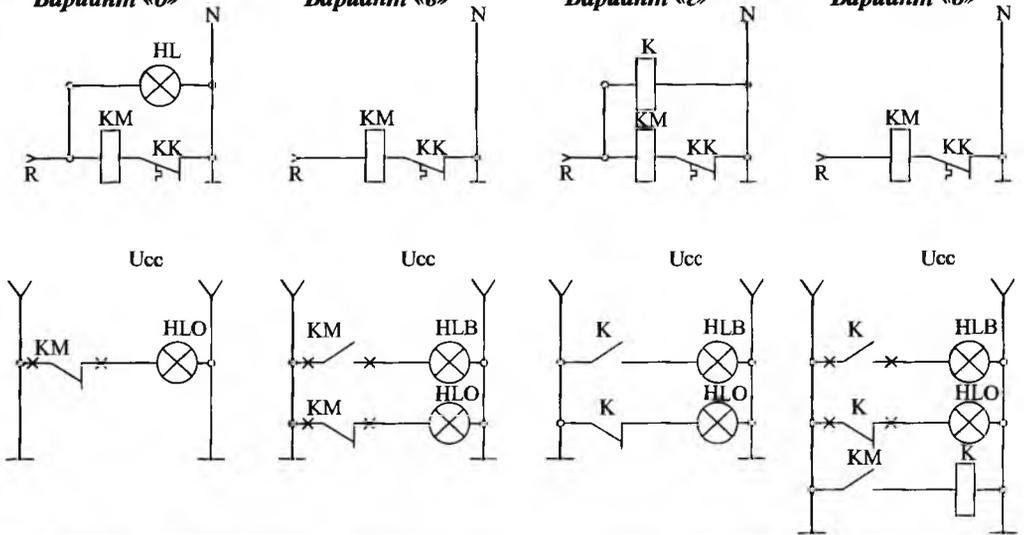
К электродвигателю

Вариант «б»

Вариант «в»

Вариант «г»

Вариант «д»



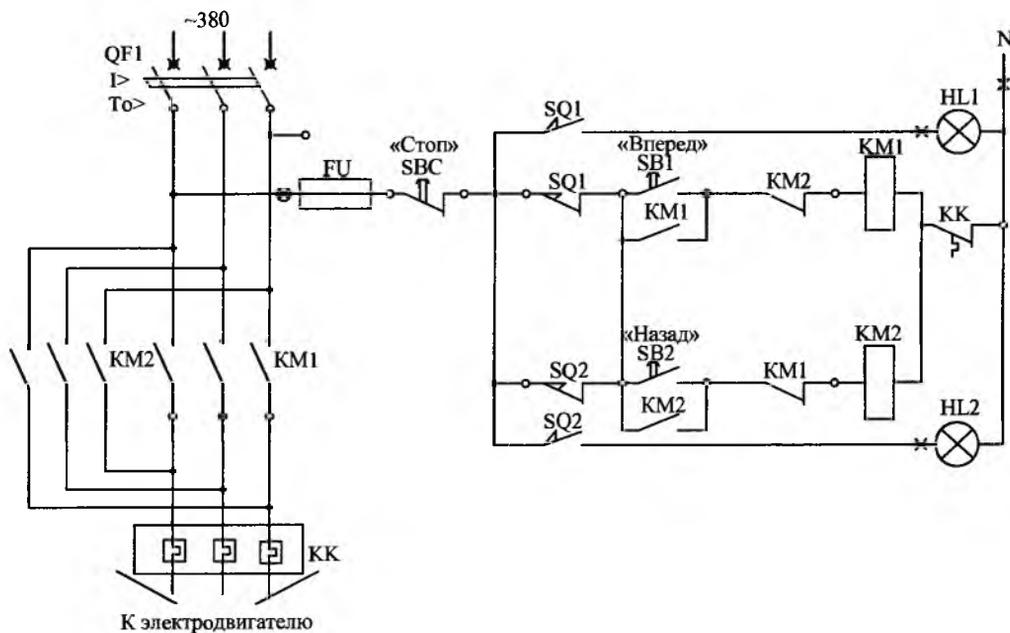
Вариант	Сигнал		Использование блок-контактов KM	Использование пром. реле К	Напряжение пром. реле К	Напряжение ламп сии. HL
	включен Н.В.(HL)	отключен HLO				
а	+	-	-	-	-	Вторичная цепь
б	+	+	1P	-	-	Вторичная цепь или по выбору
в	+	+	1P,13	-	-	По выбору
г	+	+	-	1	Вторичная цепь	По выбору
д	+	+	13	1	По выбору	По выбору

Примечание.

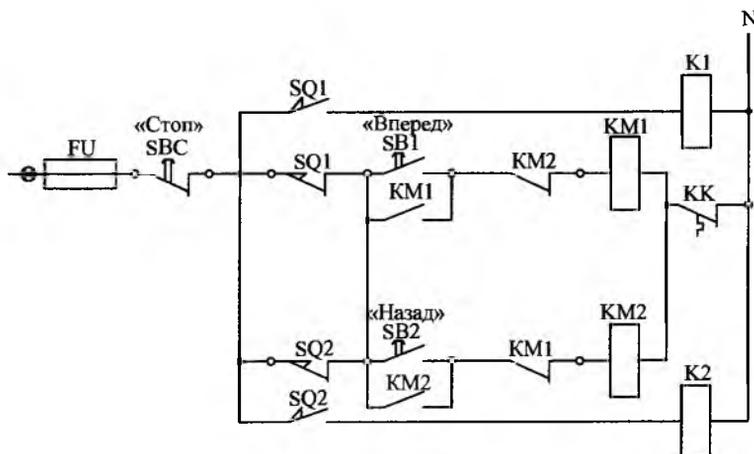
× — точка подключения командно-сигнальных аппаратов к средствам вычислительной техники.

Схема сигнализации положения реверсивного механизма, регулирующего
или переключающего поток

Вариант «а»

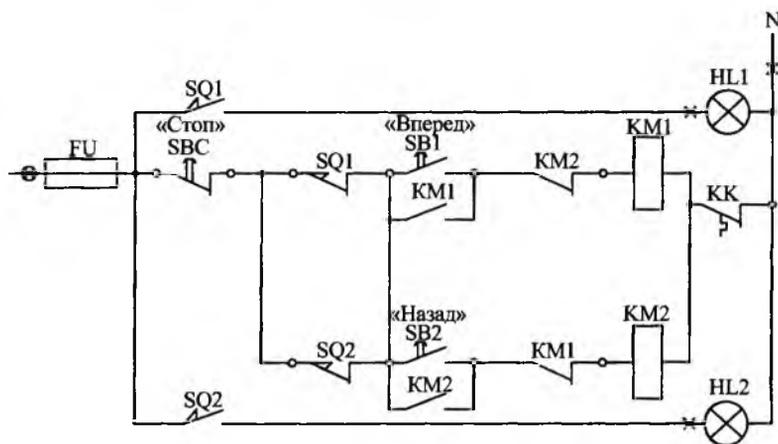


Вариант «б», «в»

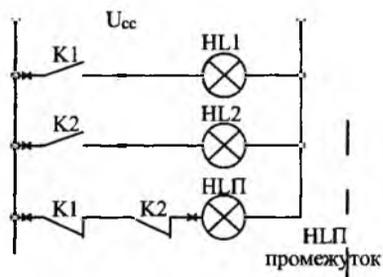


Окончание схемы 13.Сх5

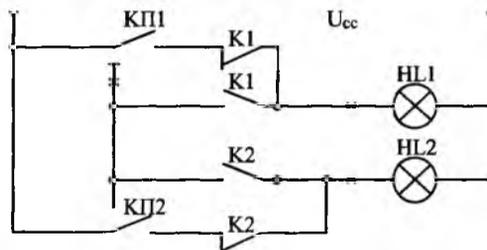
Вариант «г»



Вариант «б»



Вариант «в»



Примечание. X — точка подключения командно-сигнальных аппаратов к средствам вычислительной техники.

Схема 13.Сх6

Схема командно-предупредительной сигнализации двустороннего действия

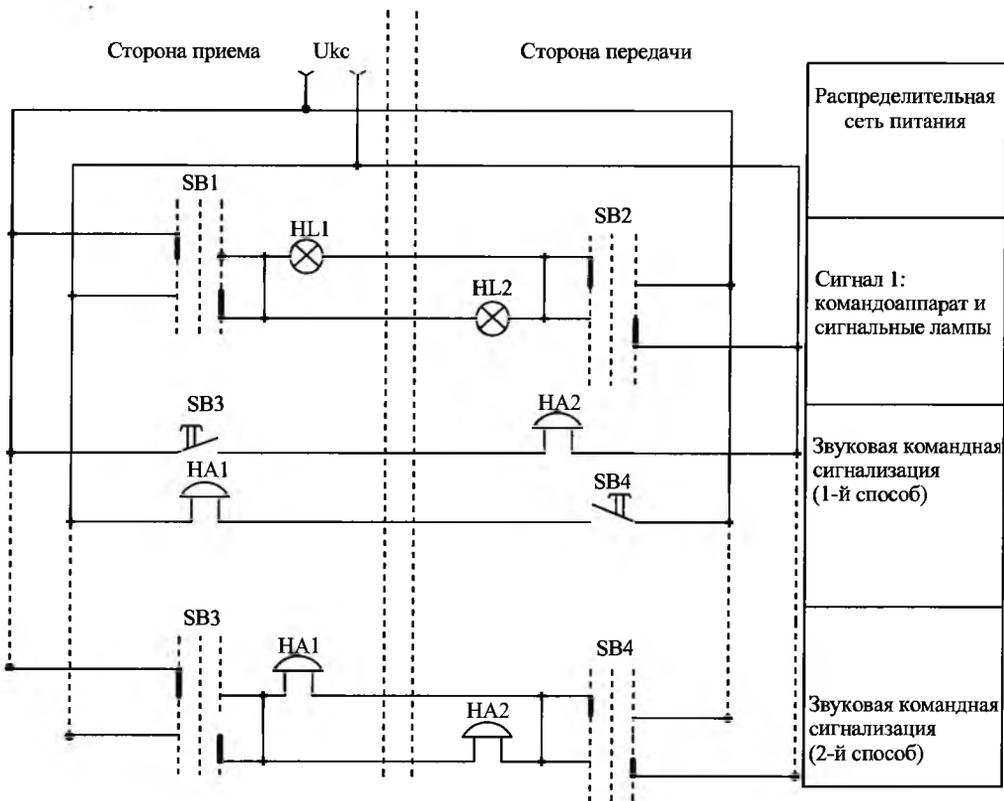


Схема 13.Сх7

Схема командной сигнализации одностороннего действия

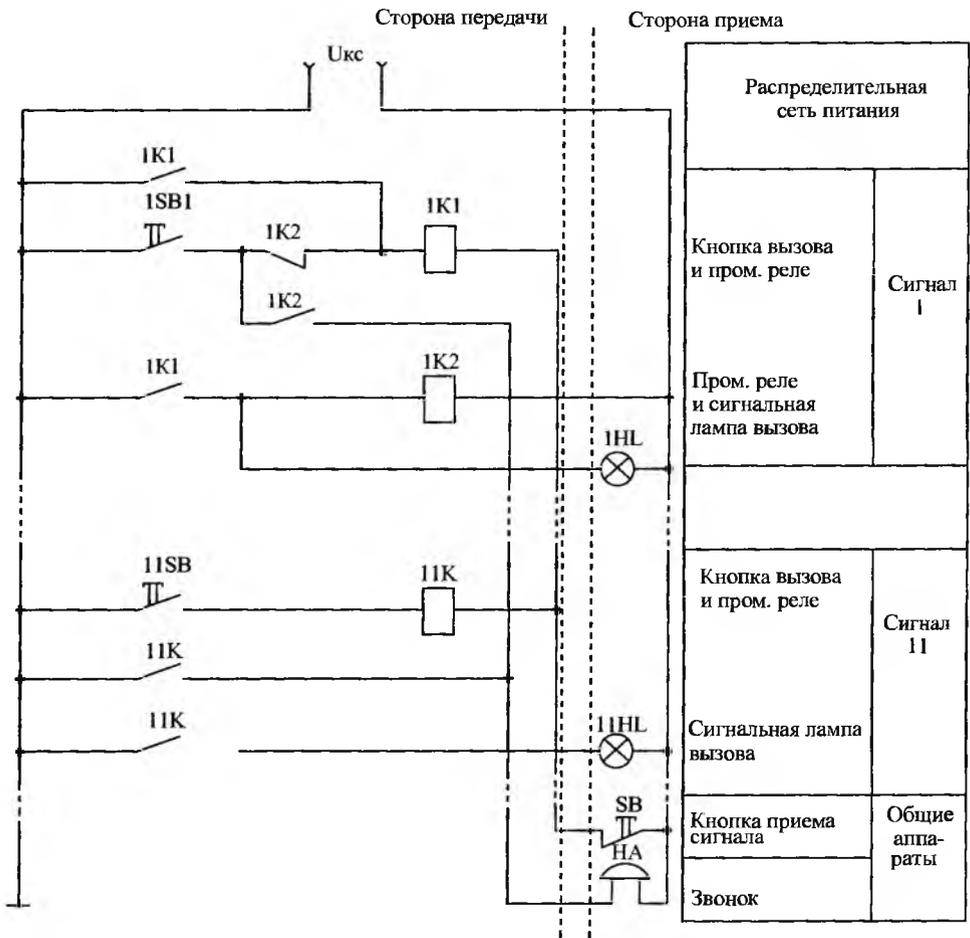
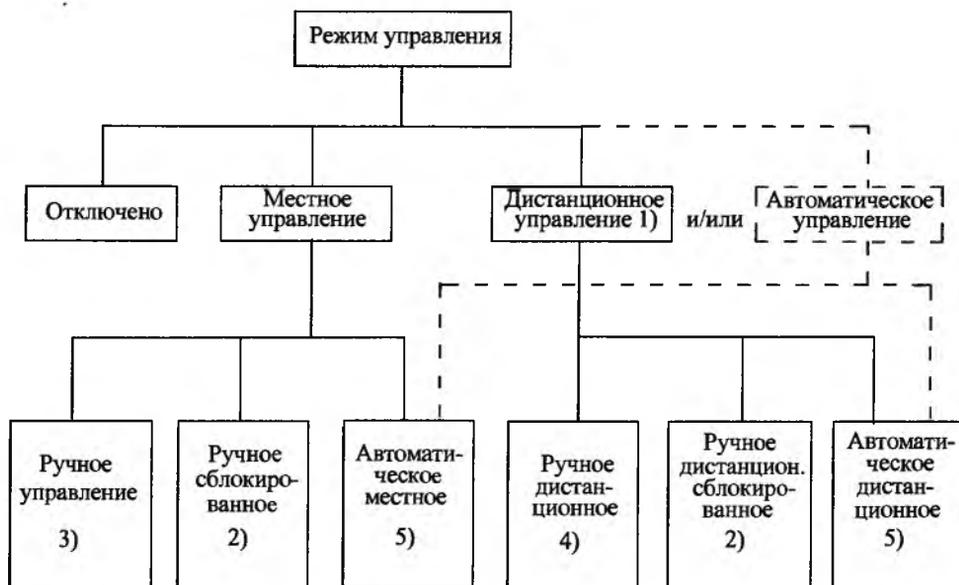


Схема 13.Сх8

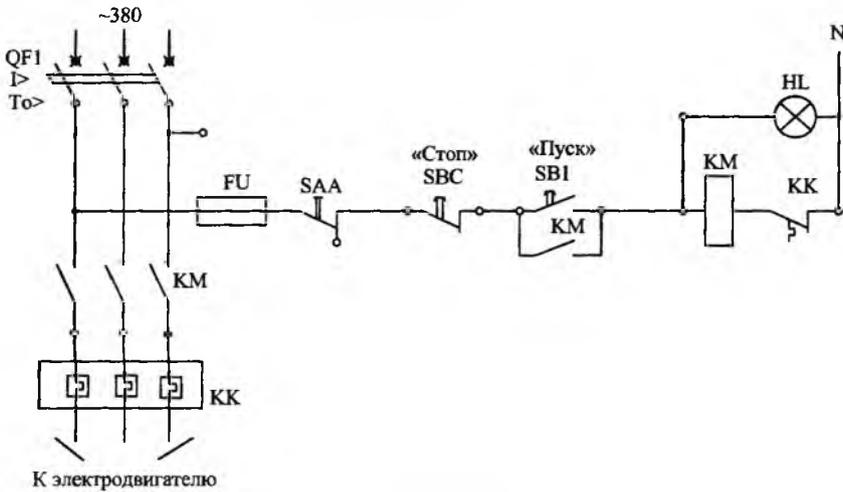
Блок-схема режимов управления электроприводом

*Примечания:*

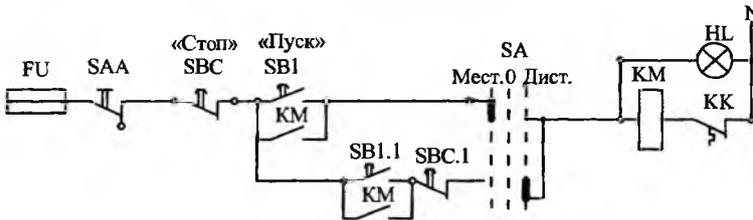
1. Режим управления «дистанционное управление» может иметь наименование «централизованное управление» или «диспетчерское управление».
2. «Ручное заблокированное управление» может иметь наименование «полуавтоматическое управление».
3. «Ручное местное» или «ручное несблокированное» может иметь наименование «ручное управление» или «местное управление».
4. Термин «дистанционное» может быть исключен или заменен (см. примечание 1).
5. Термин «местное» указывает на расположение аппаратуры управления и может быть исключен.

Нереверсивный электродвигатель. Схемы управления

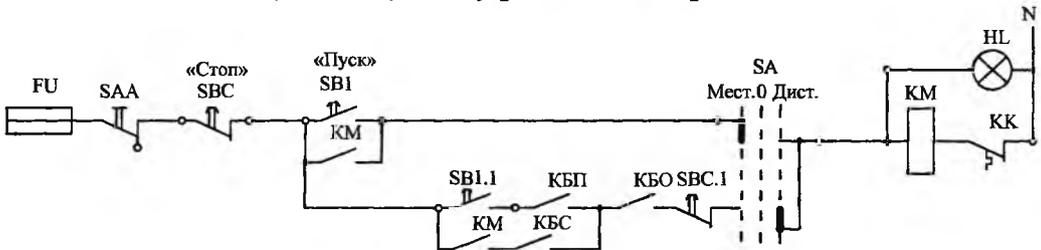
а) Местное управление



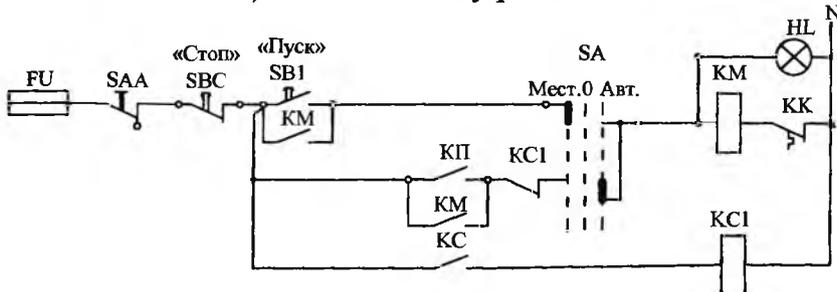
б) Дистанционное управление



в) Дистанционное управление с блокировкой

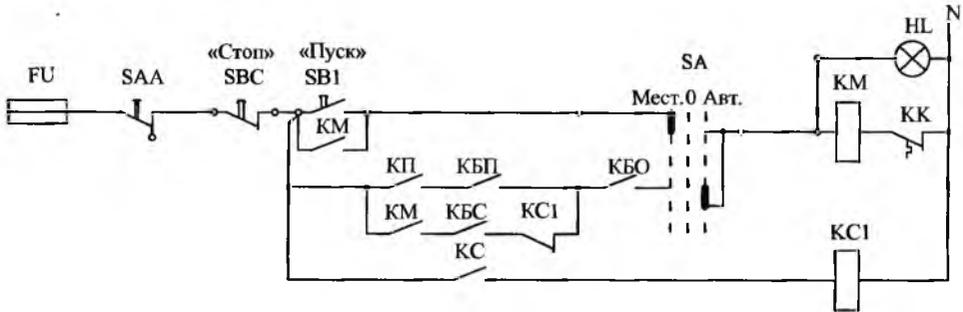


г) Автоматическое управление



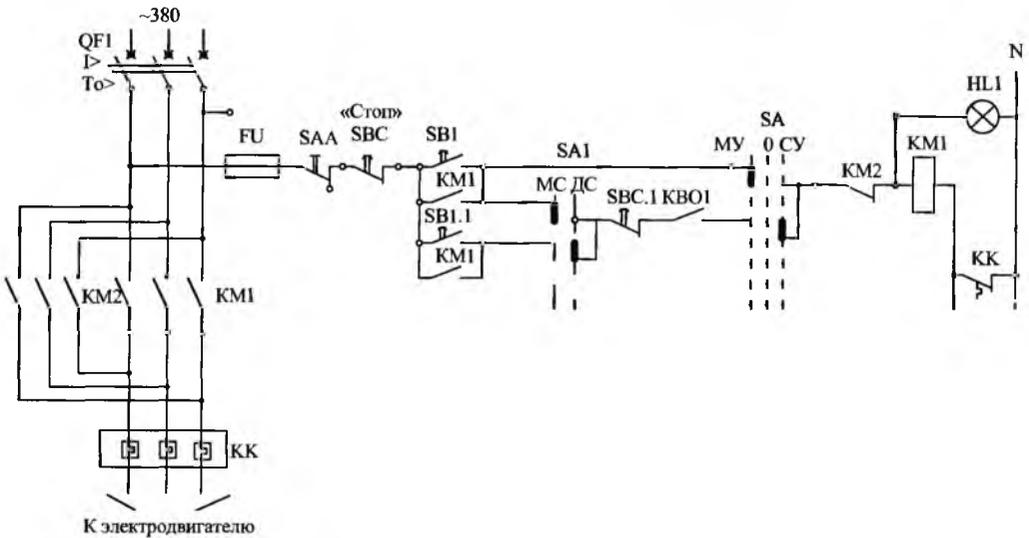
Окончание схемы 13.Сх9

д) Автоматическое управление с блокировкой

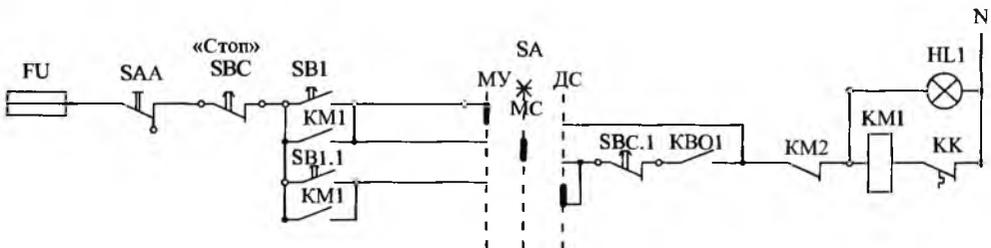


е) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском

е1) С дополнительным переключателем SA1 на две позиции



е2) С измененным переключателем SA



Примечания:

МС – дистанционное управление с местным пуском (местное заблокированное управление).

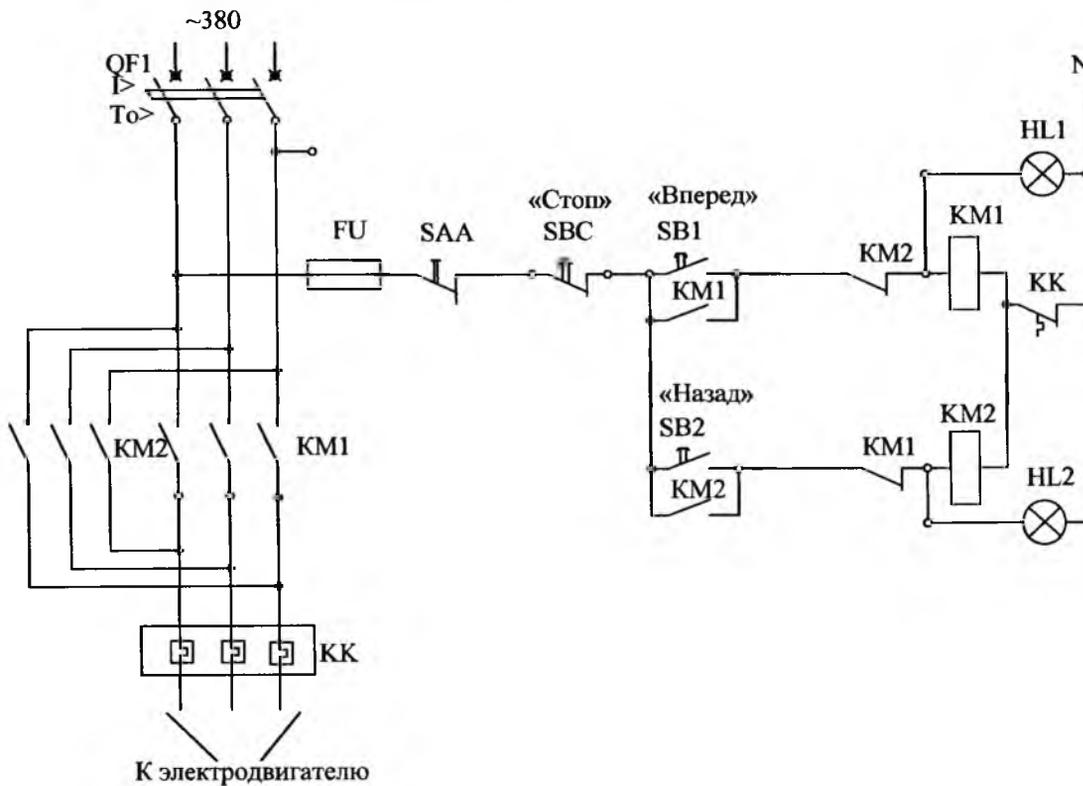
ДС – дистанционное заблокированное управление.

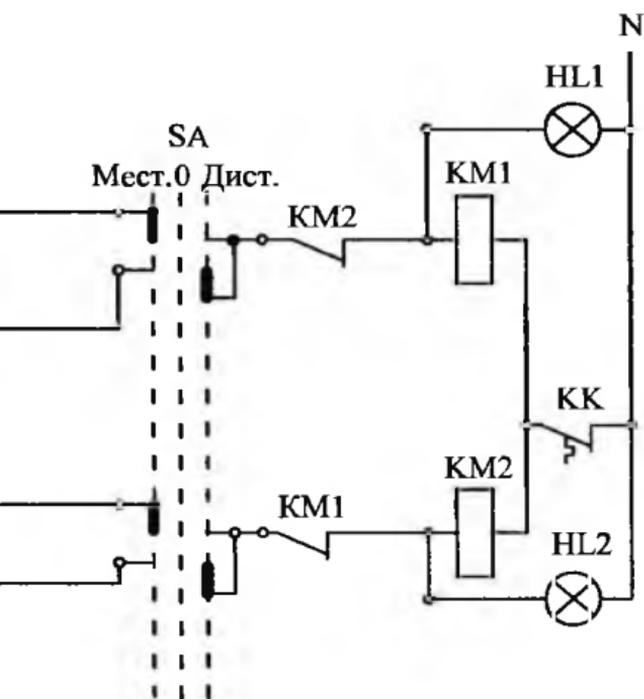
СУ – заблокированное управление.

МУ – местное управление.

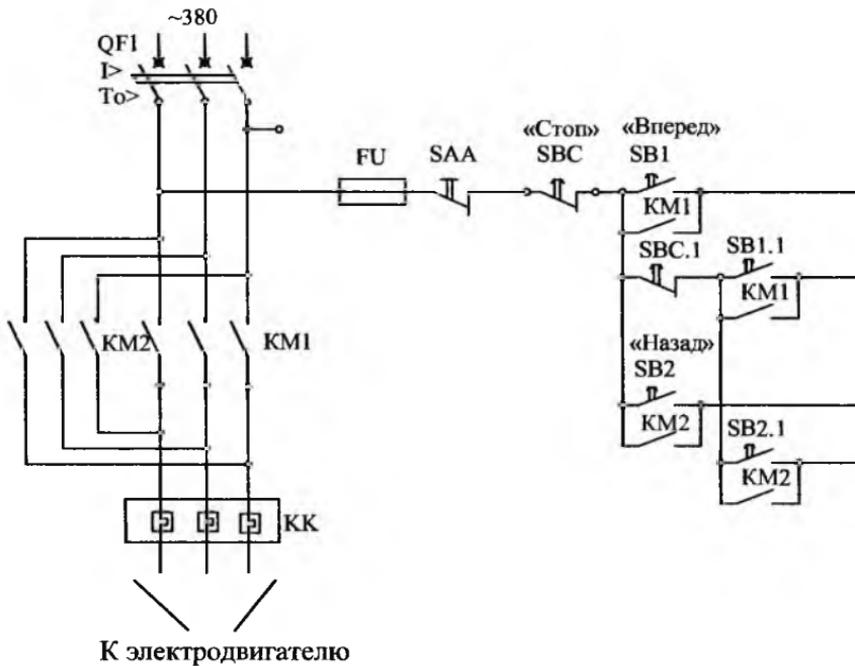
Реверсивный электродвигатель механизма длительного действия. Схема управления

а) Местное управление

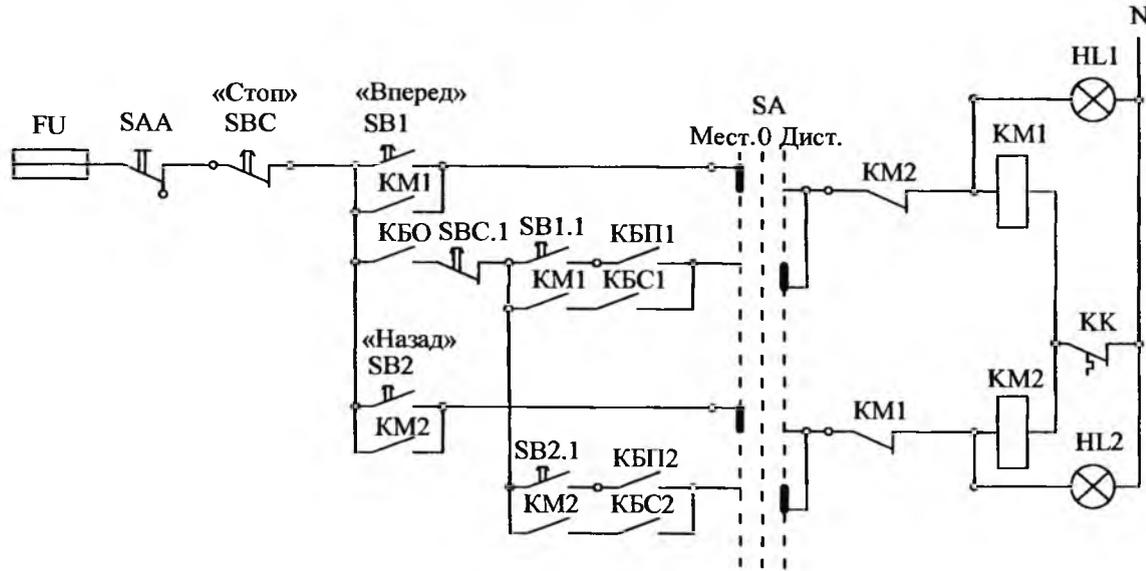




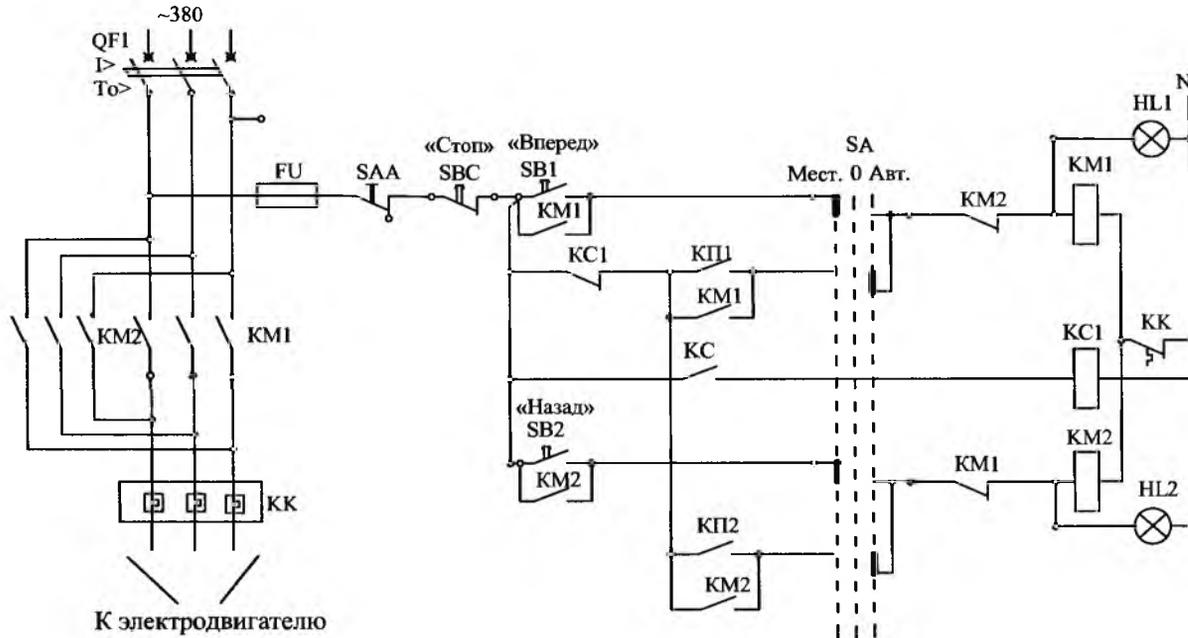
б) Дистанционное управление



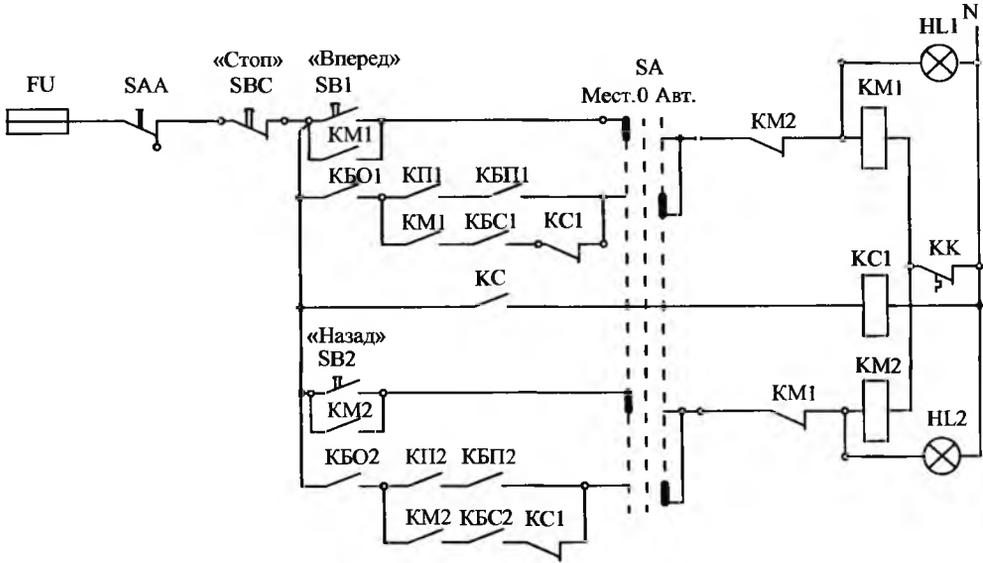
в) Дистанционное управление с блокировкой



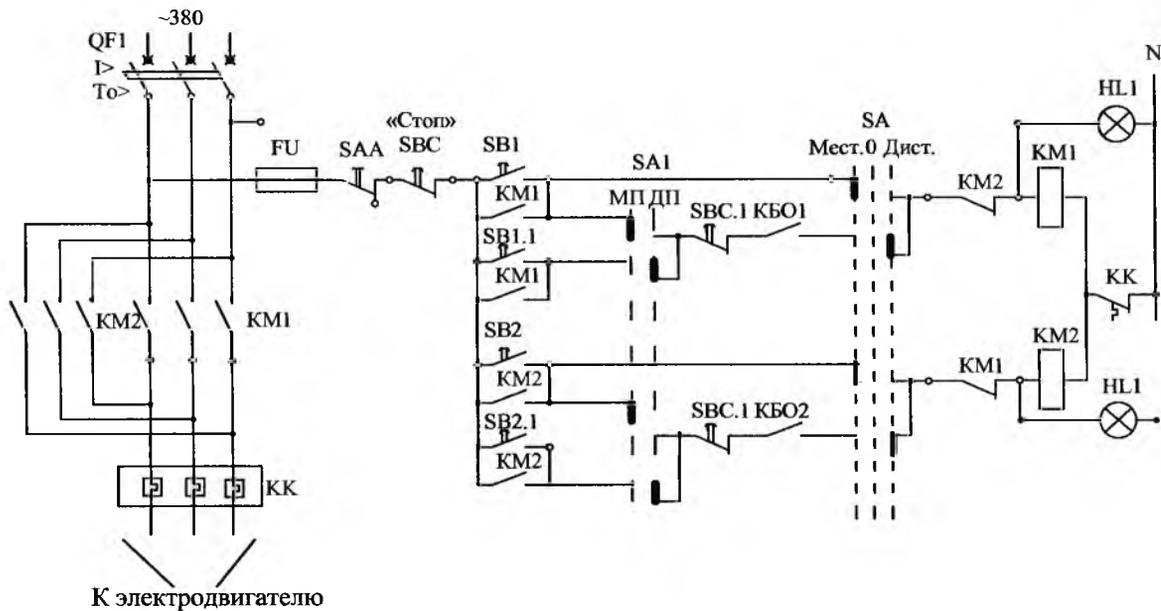
г) Автоматическое управление



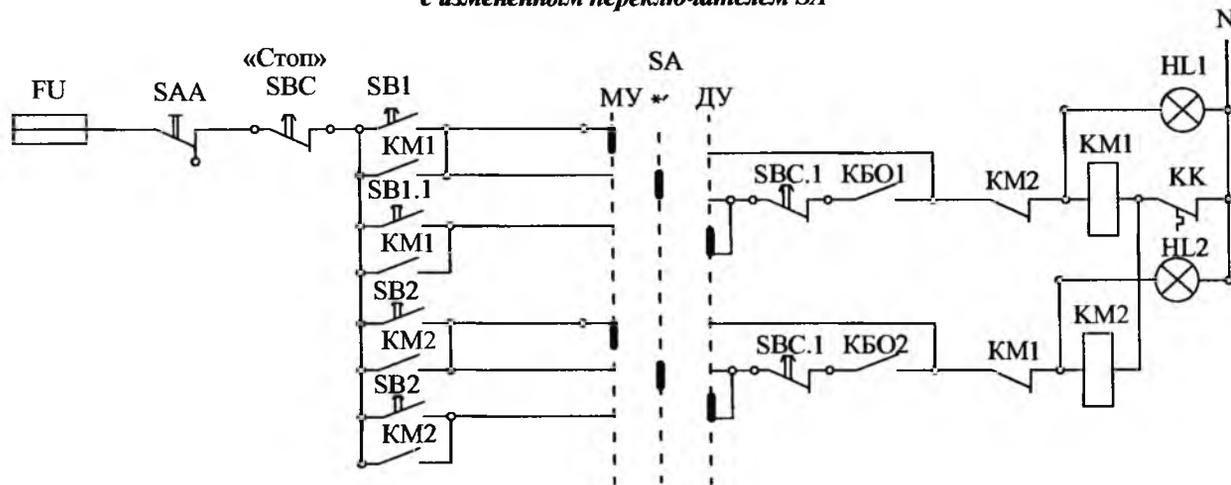
д) Автоматическое управление с блокировкой



**е1) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском
и с дополнительным переключателем SA1 на две позиции**



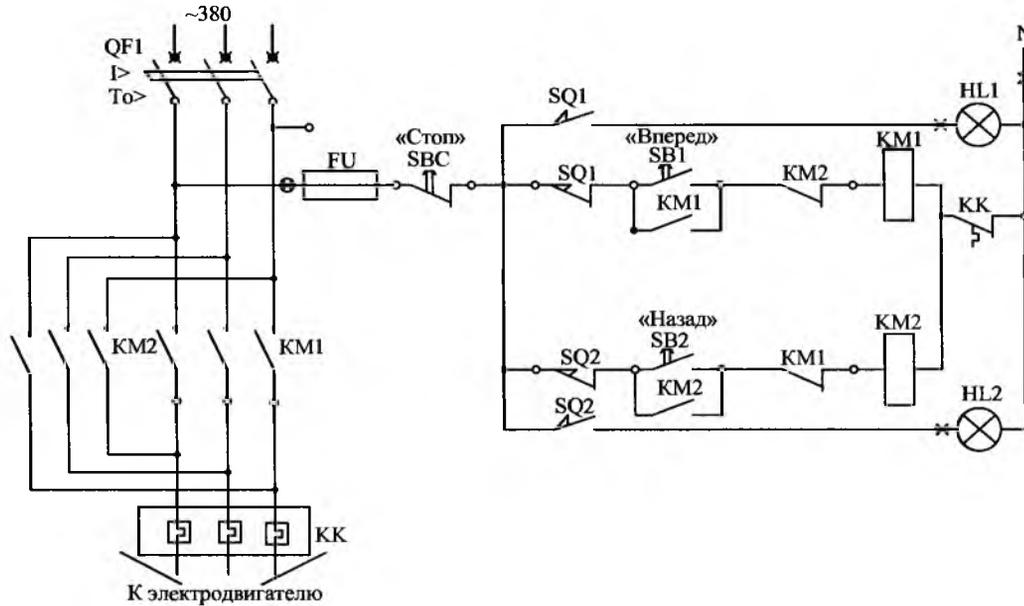
*е2) Дистанционное управление с блокировкой и местным пуском
с измененным переключателем SA*



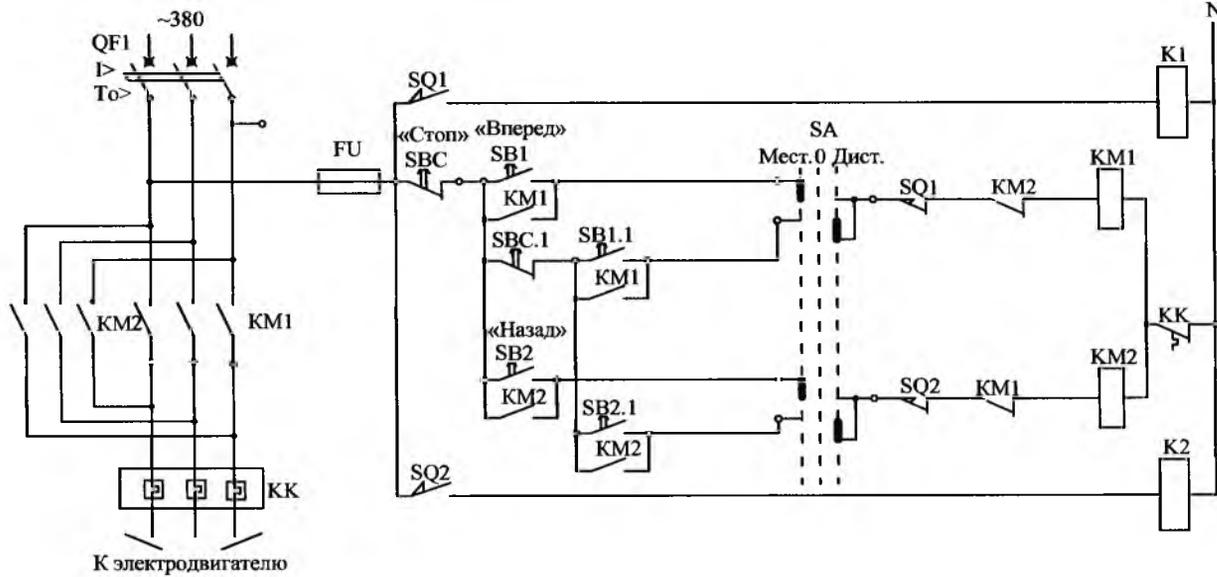
* Дистанционное управление с местным пуском (местное заблокированное управление).

Реверсивный электродвигатель механизма регулирующего или переключающего поток. Схемы управления

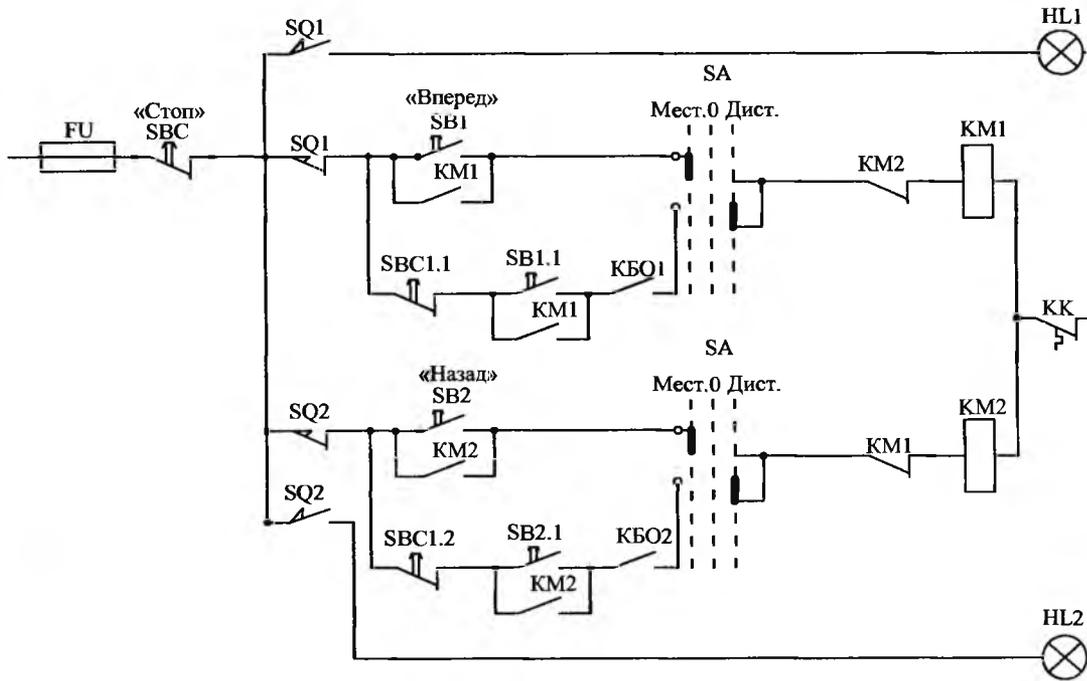
а) Местное управление



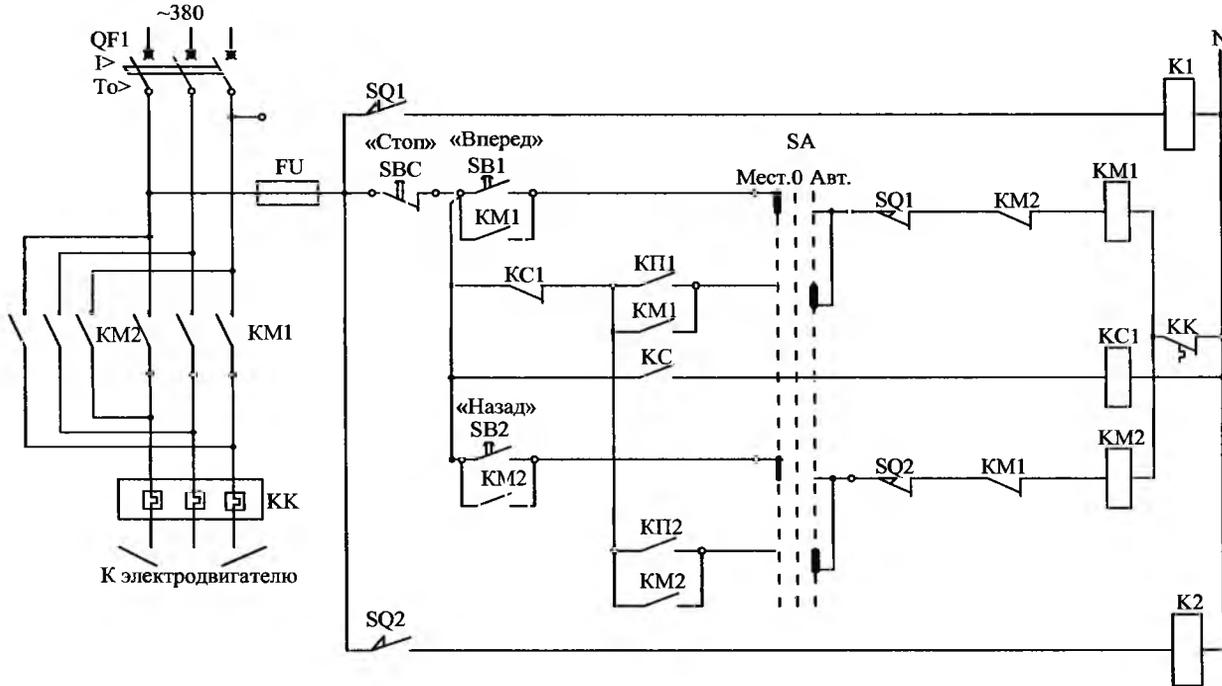
б) Дистанционное управление



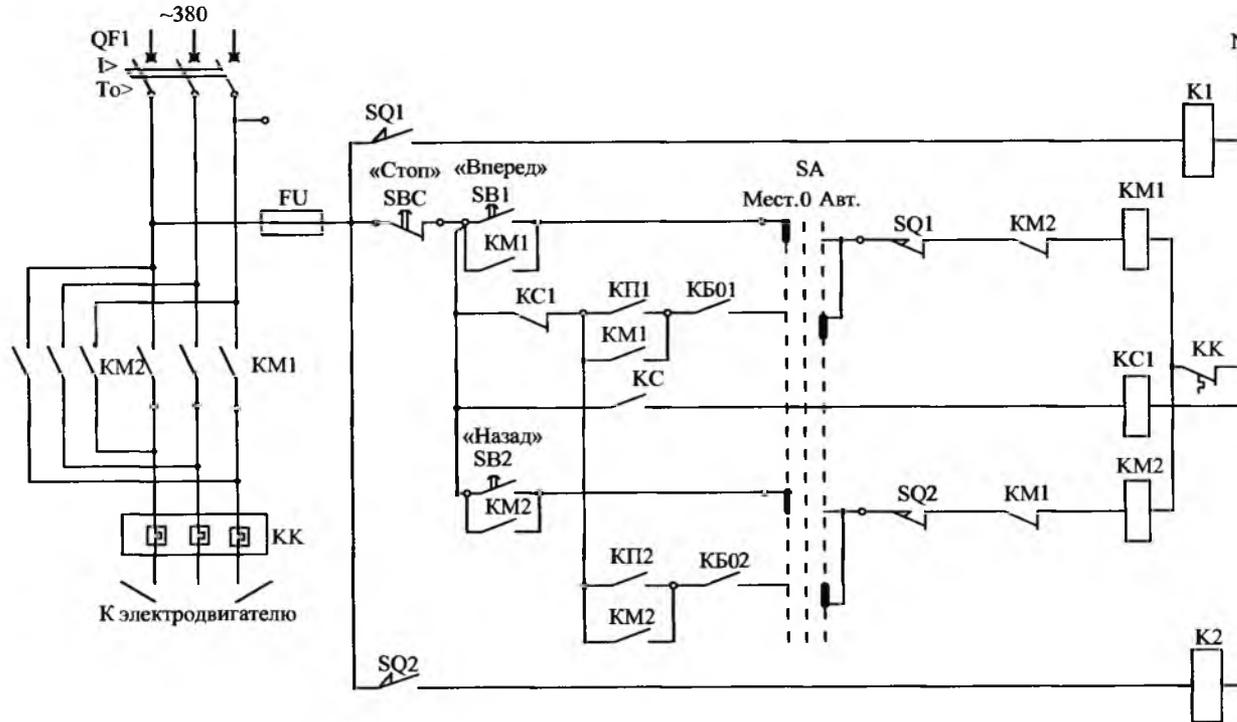
в) Дистанционное управление с блокировкой



г) Автоматическое управление

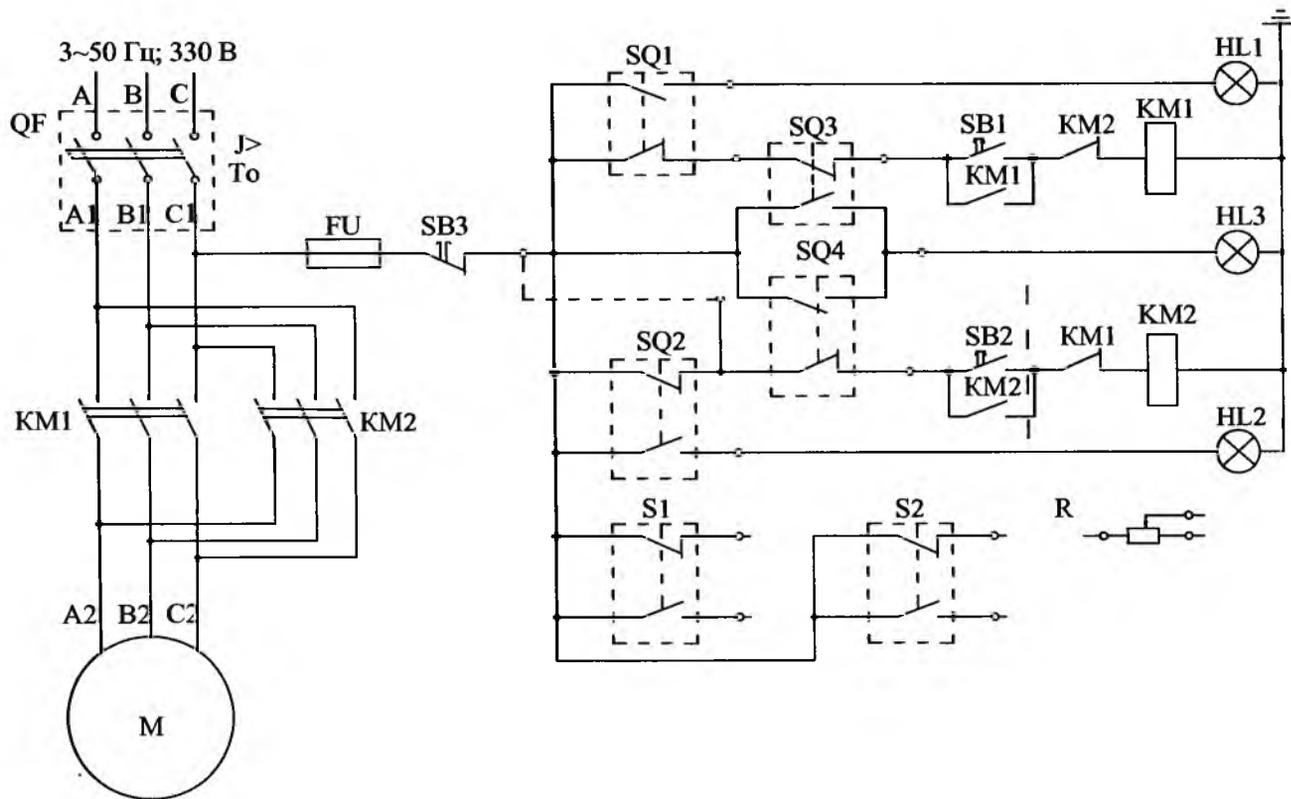


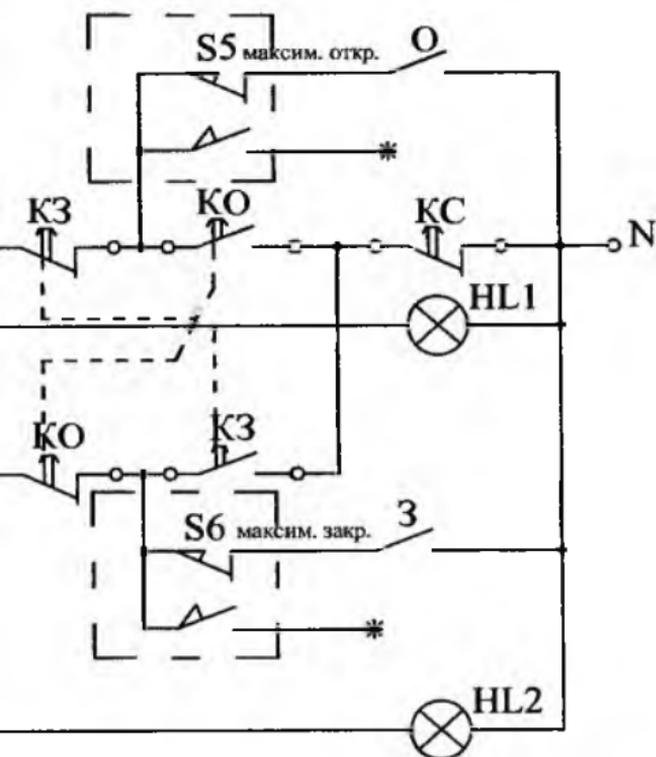
д) Автоматическое управление с блокировкой



Управление задвижкой с электроприводом
с двусторонними муфтами ограничения крутящего момента

а) «Тулаэлектропривод»





б) ОАО «Прибор»

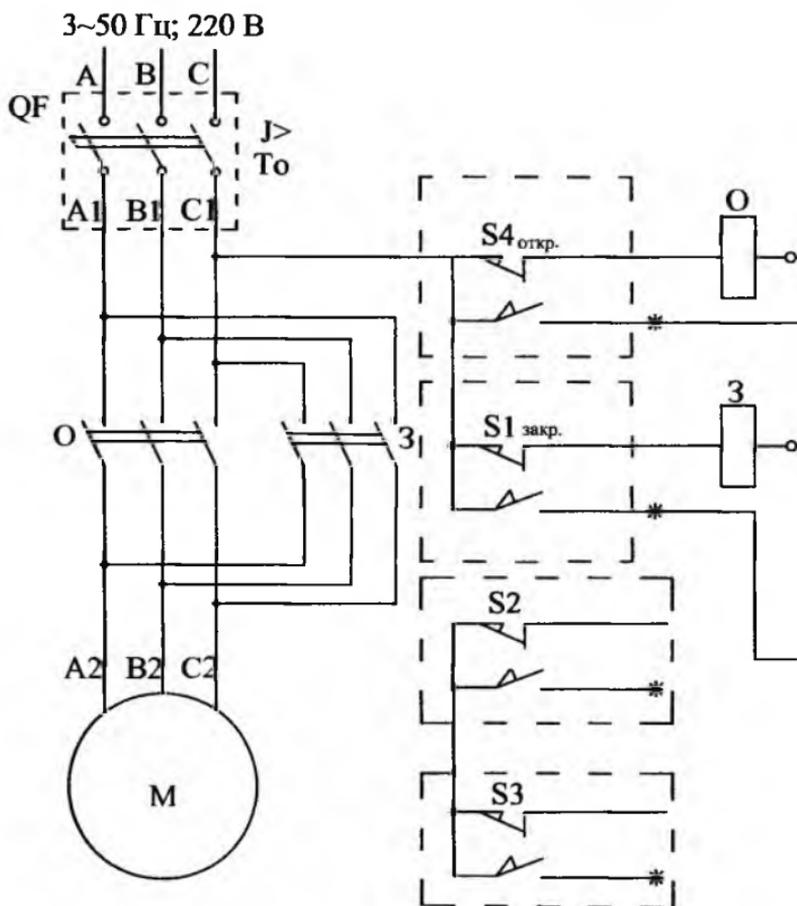
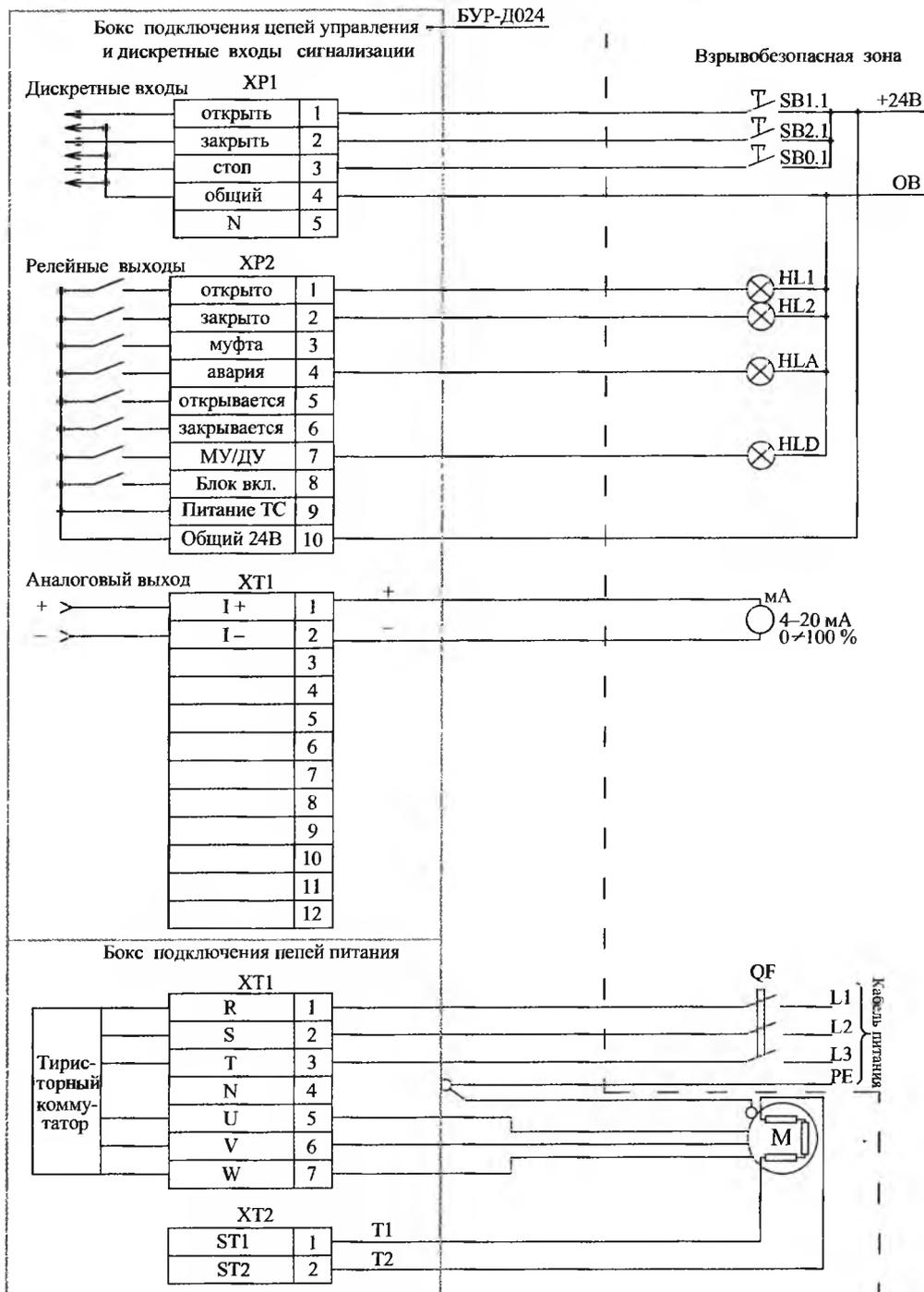
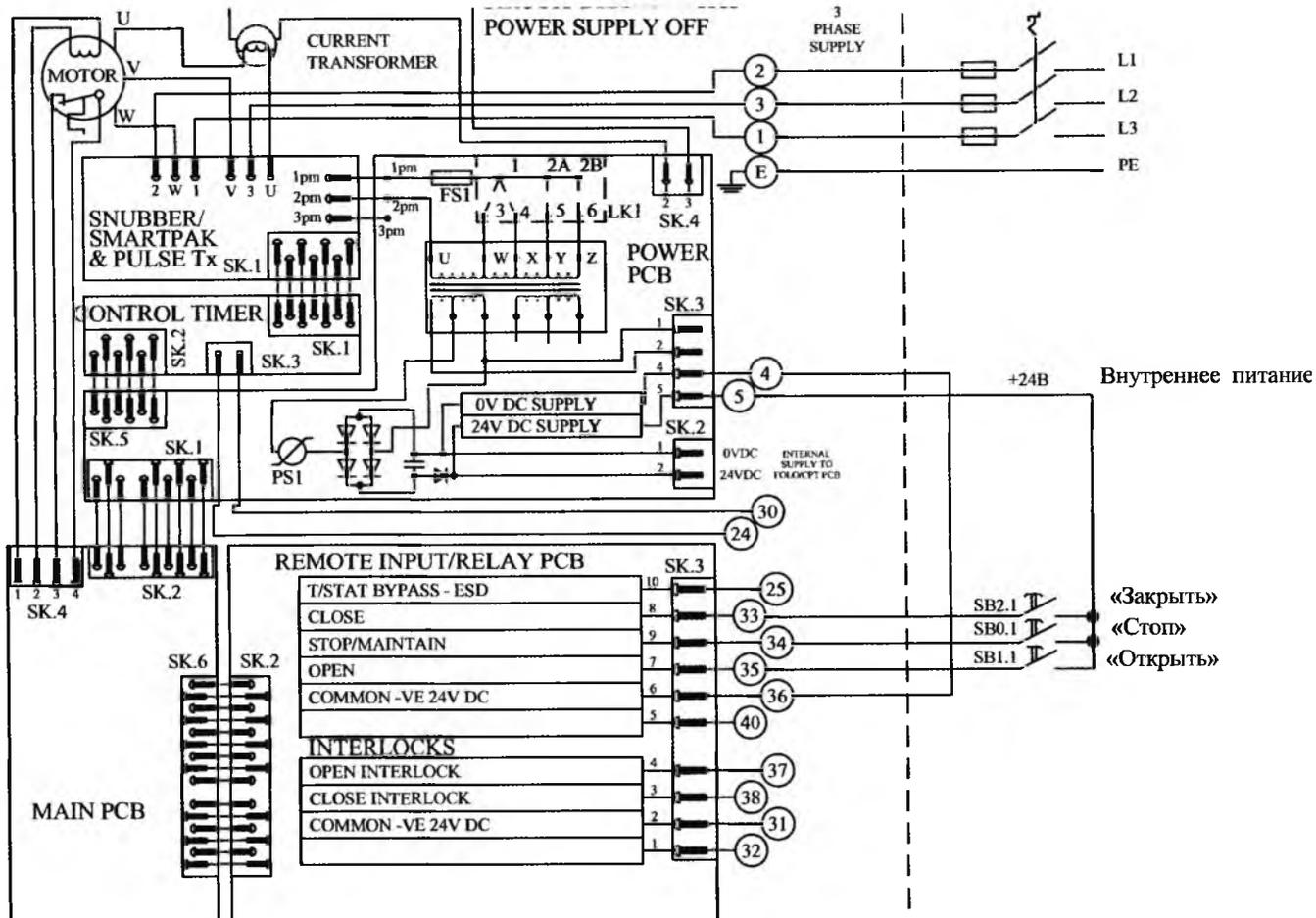


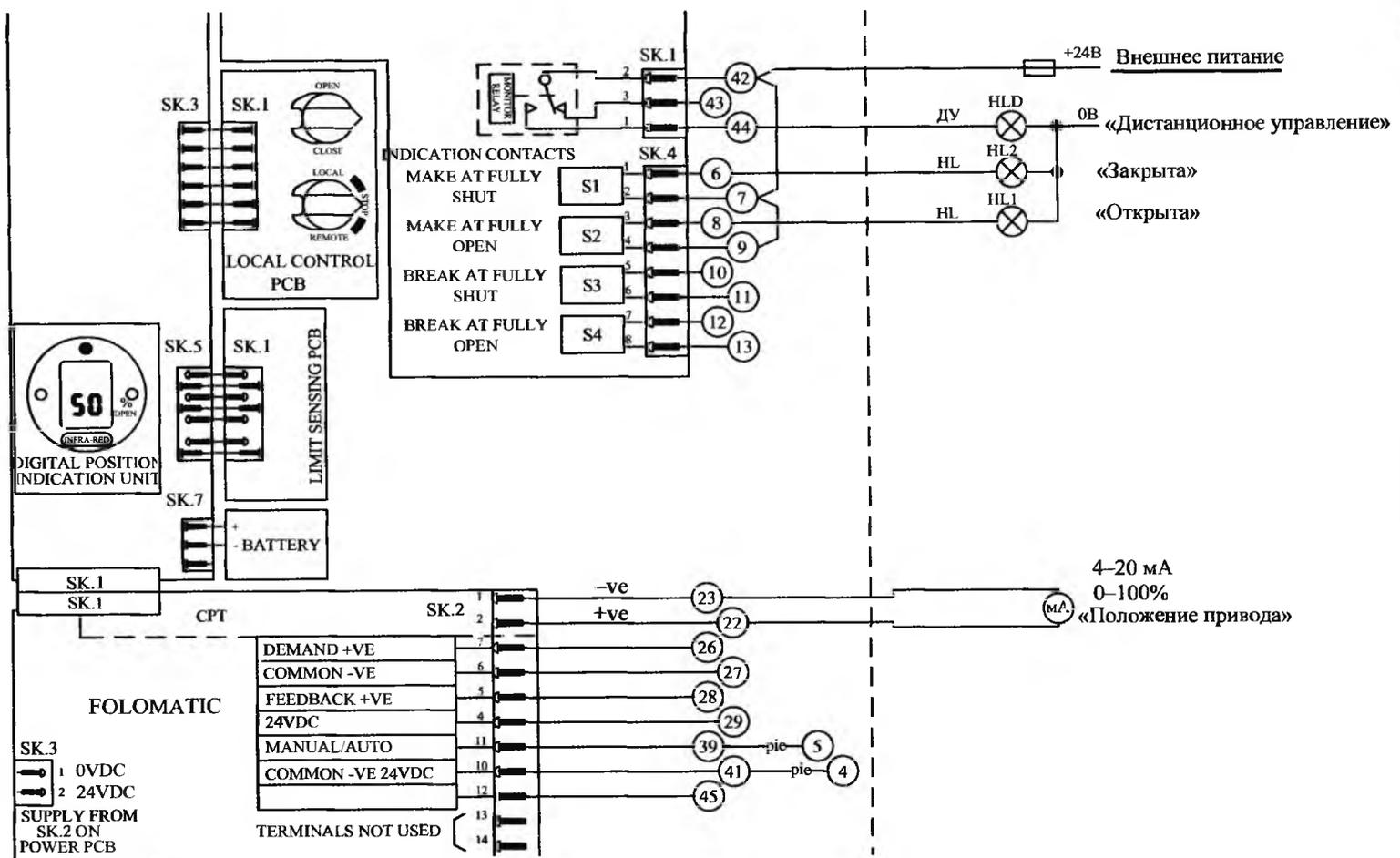
Схема 13.Сх13

Дистанционное управление электроприводом «ELESYB» с использованием БУР (модификация Д-024) фирмы «ЭлеСи», г. Томск

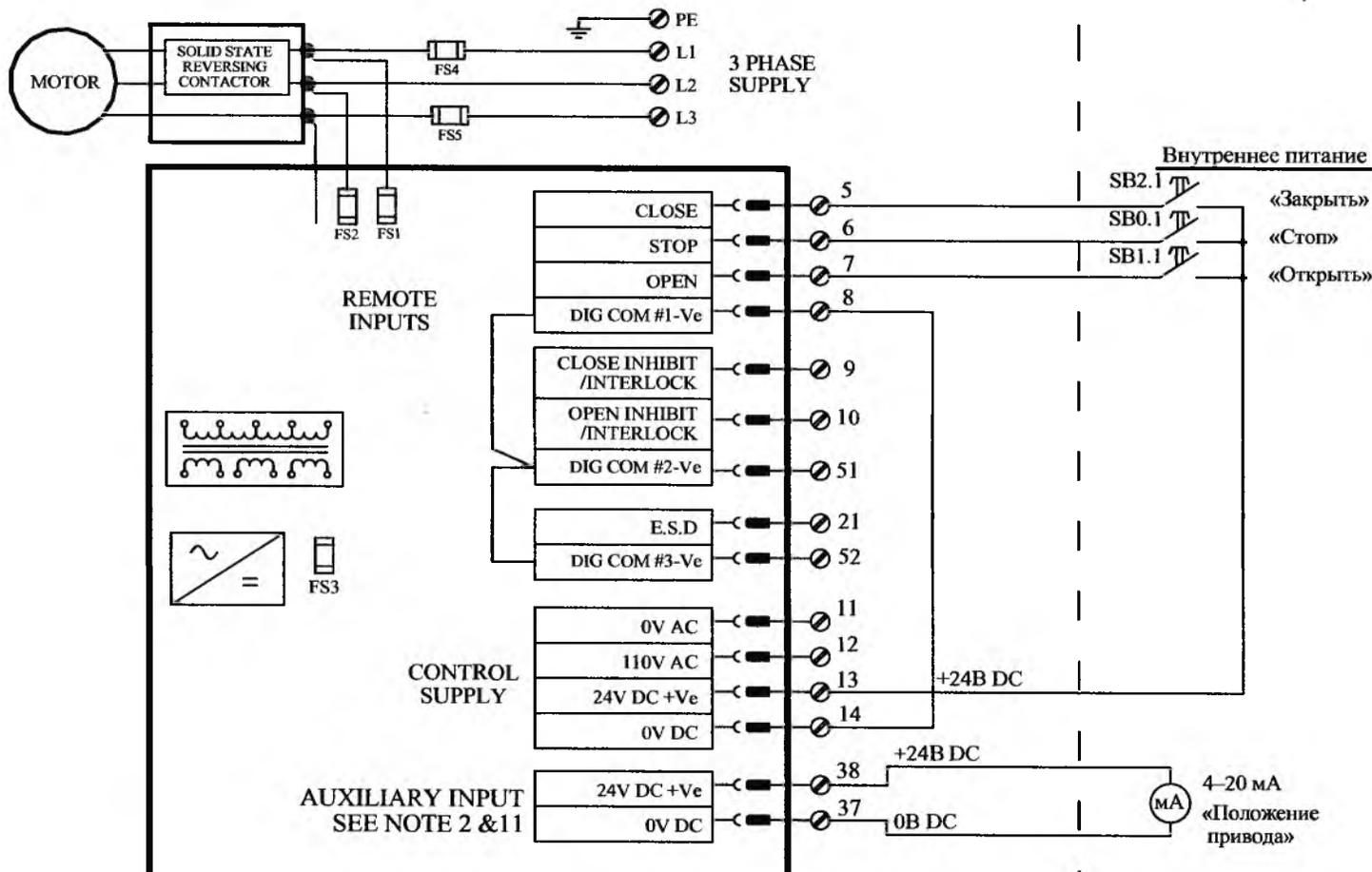


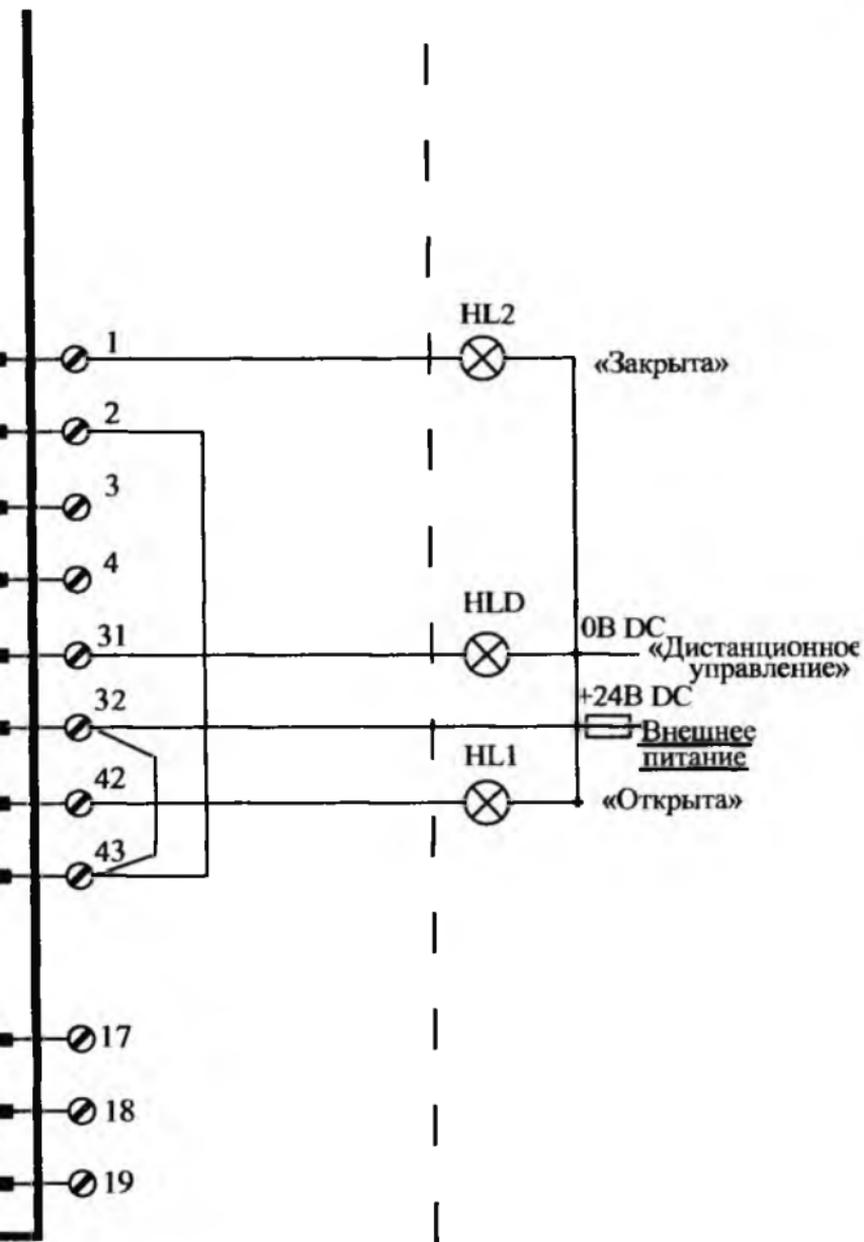
Дистанционное управление регулирующим приводом «ROTORK IQM»

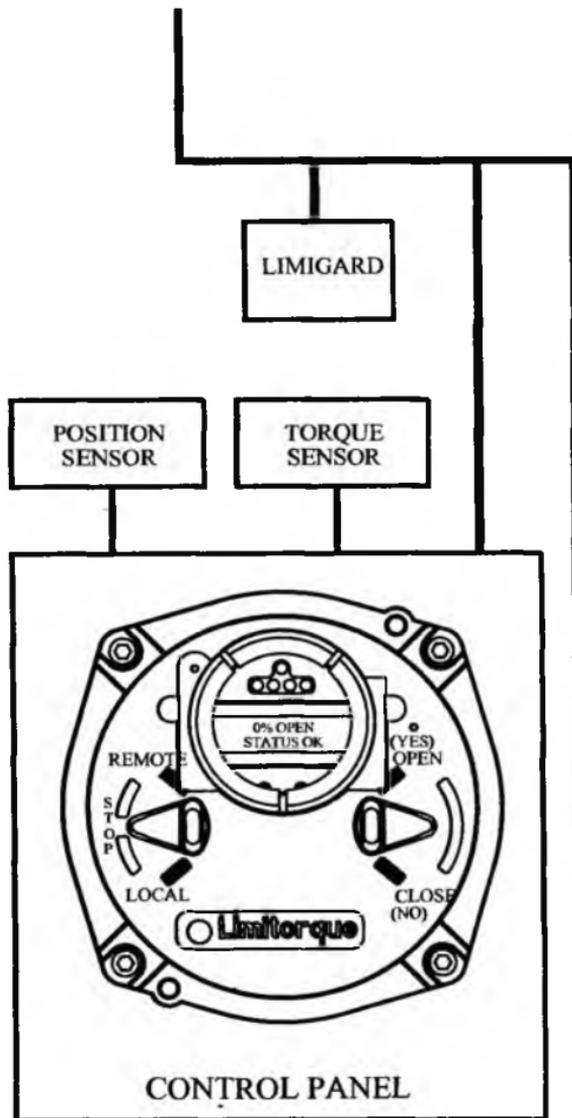




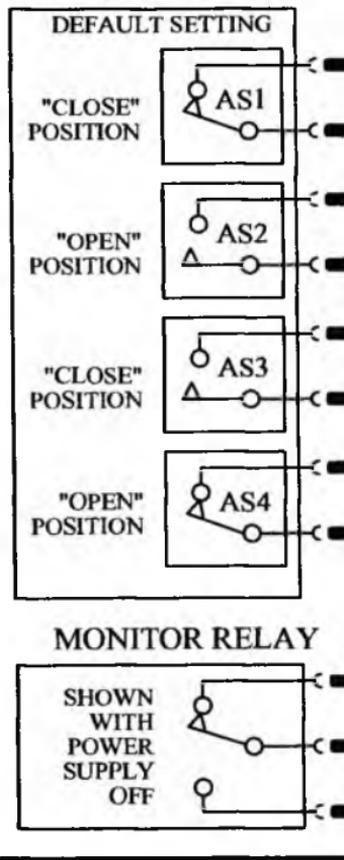
Дистанционное управление регулирующим приводом «LIMITORQUE»







**STATUS FEEDBACK
OUTPUT SWITCHES
SEE NOTE 6 AND 9**



Дистанционное управление регулирующим приводом «АЛМА»

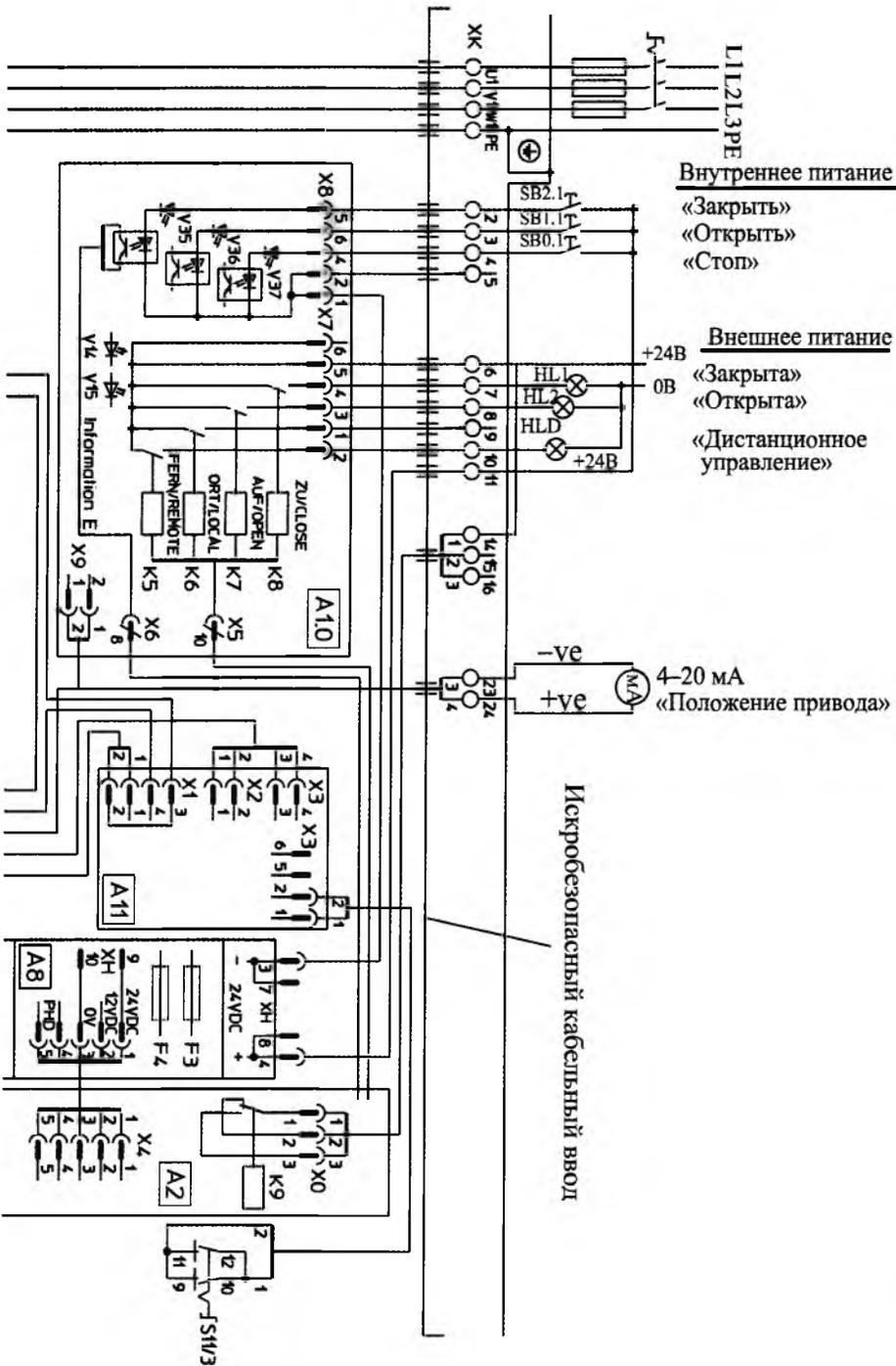
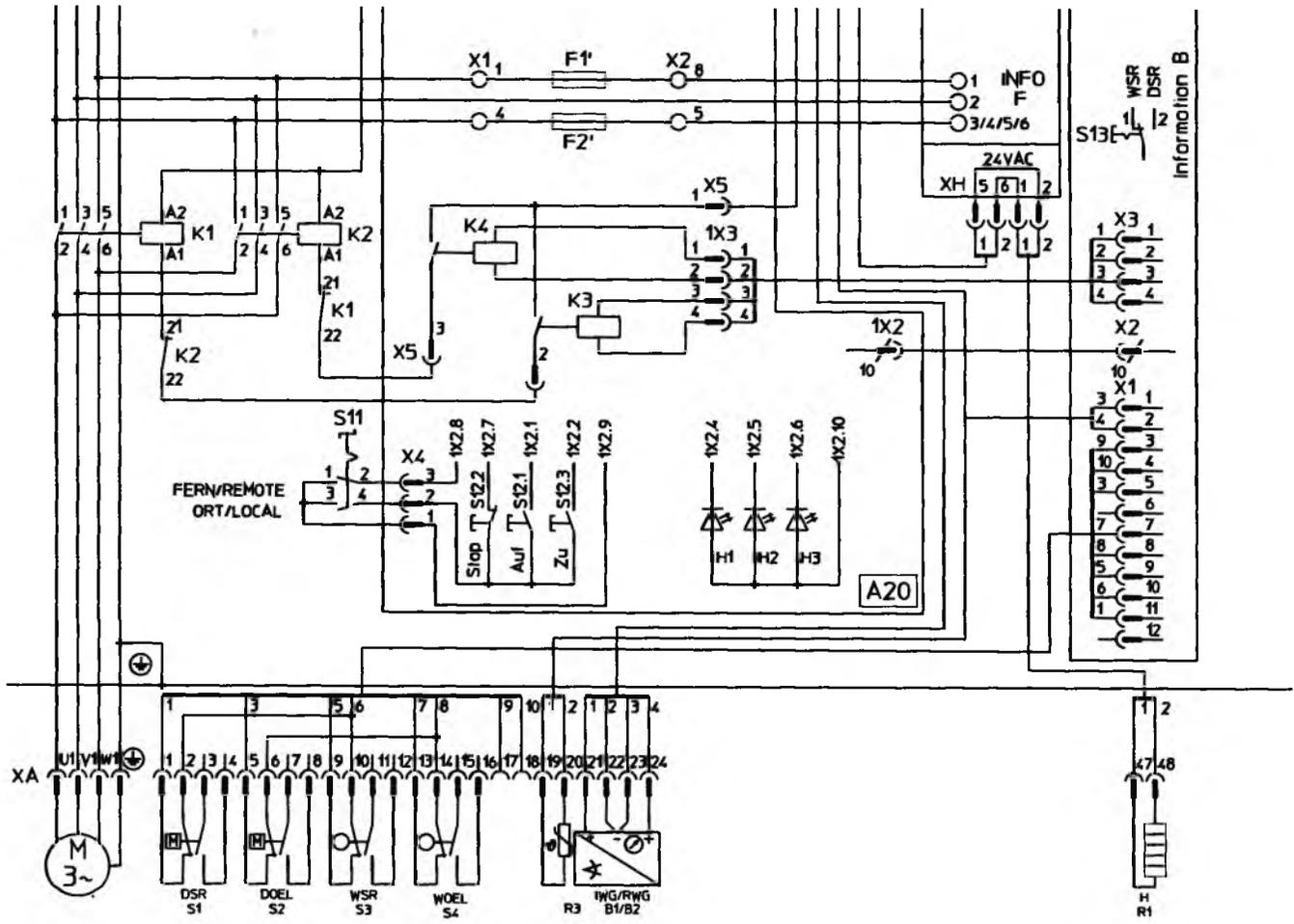
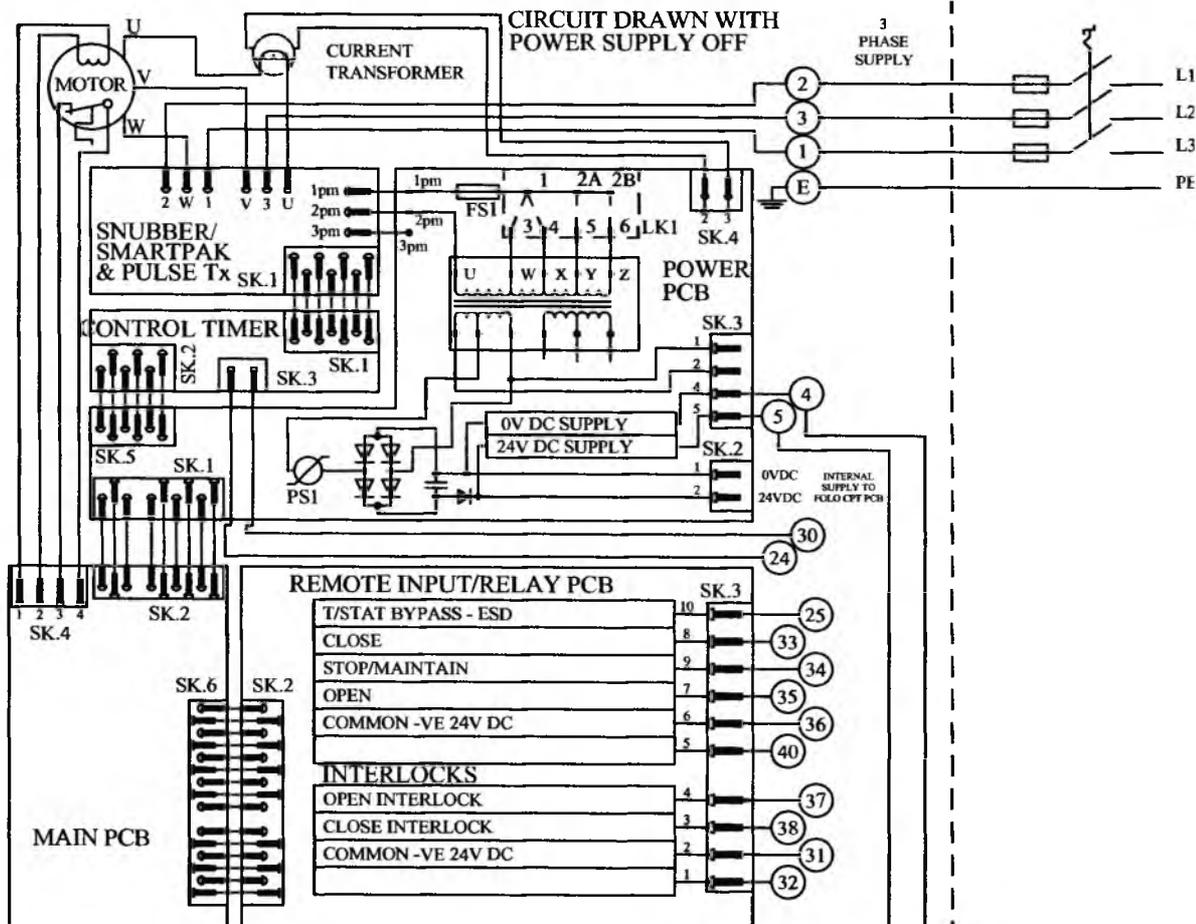
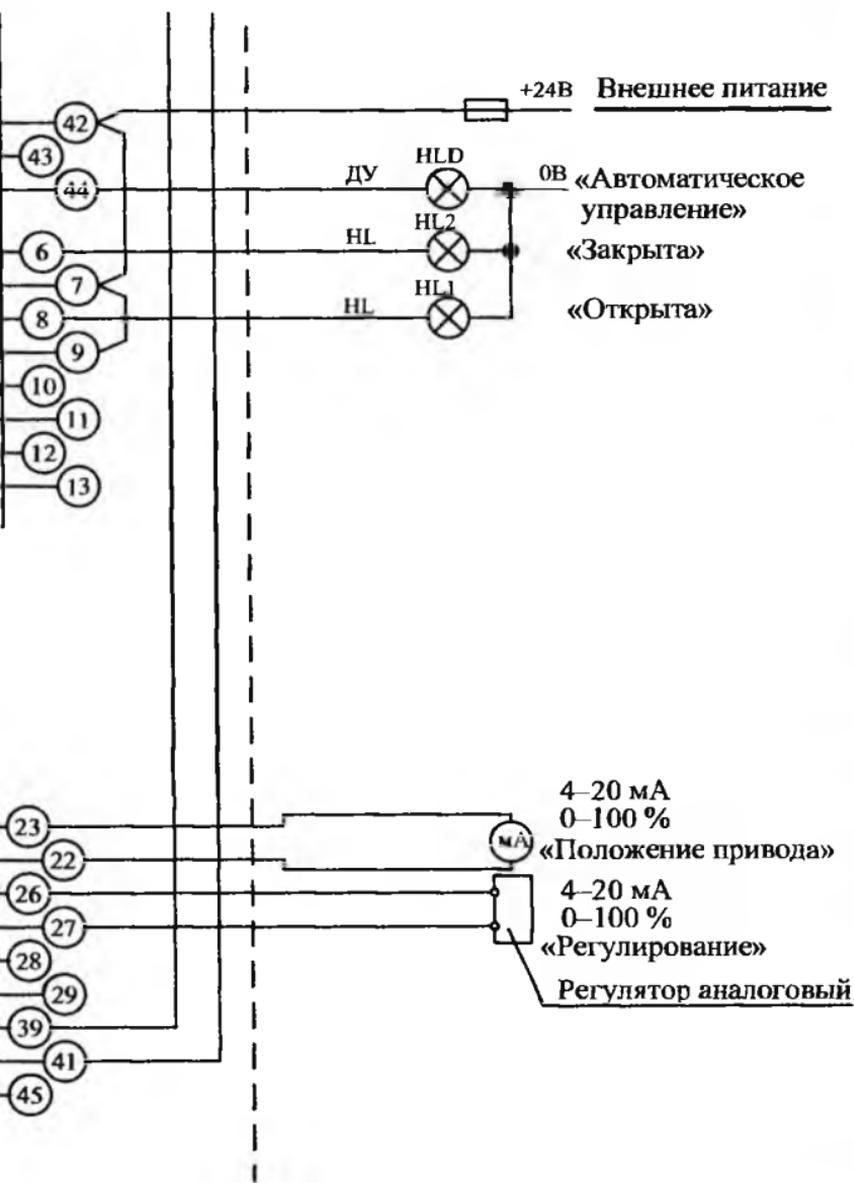


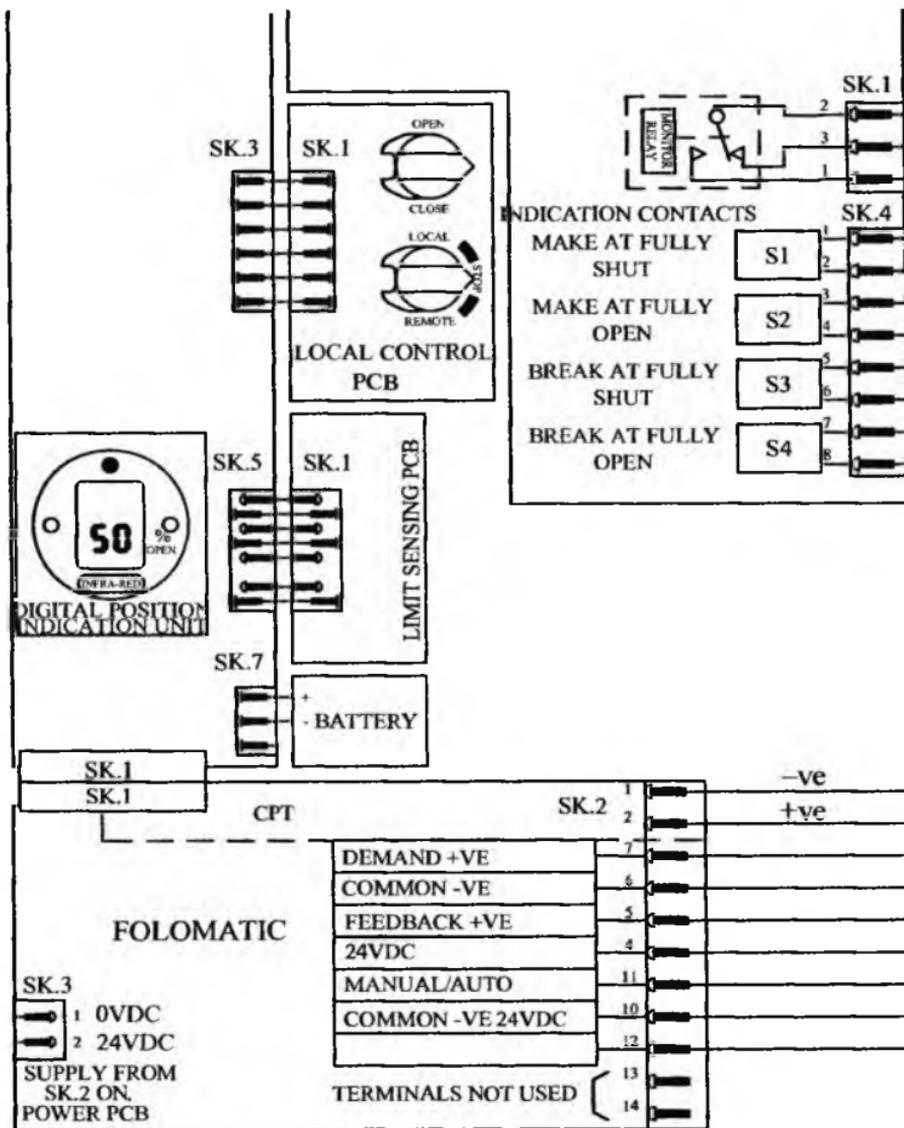
Схема 13.Сх16



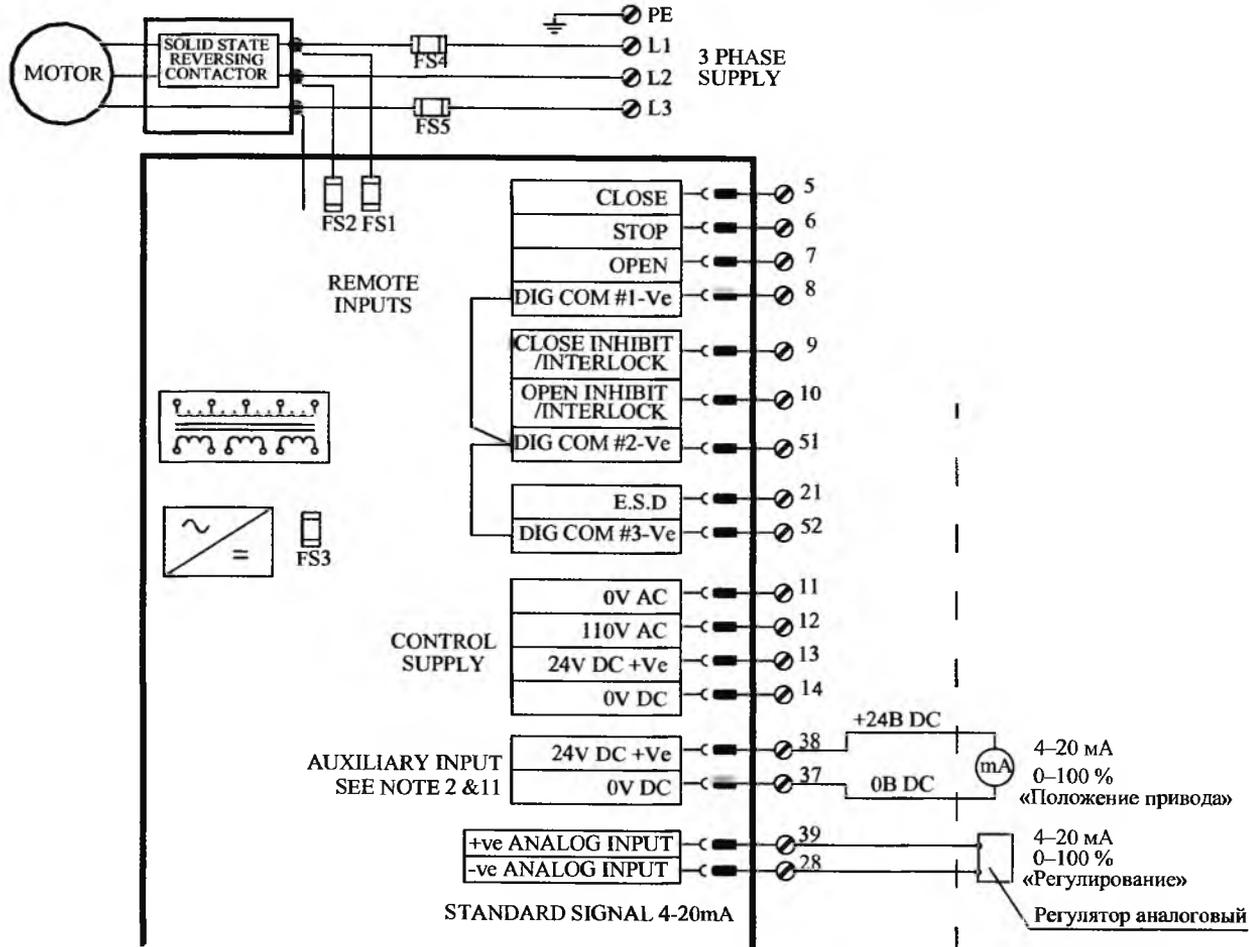
Автоматическое аналоговое регулирование приводом «ROTORK IQM»



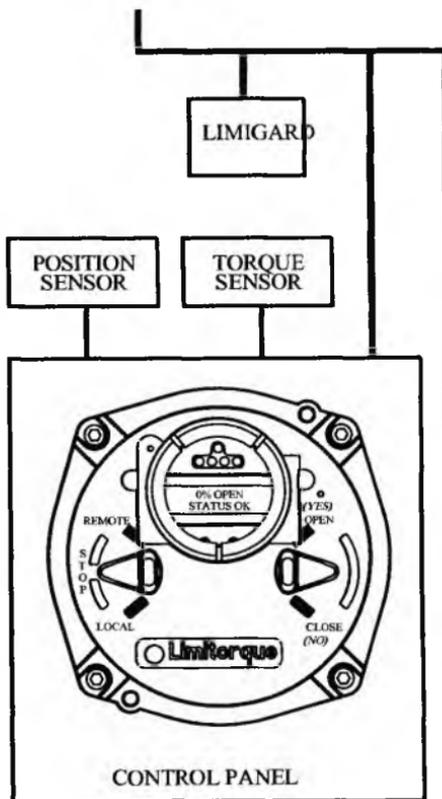




Автоматическое аналоговое регулирование приводом «LIMITORQUE»

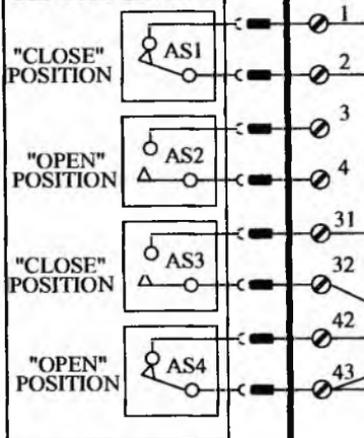




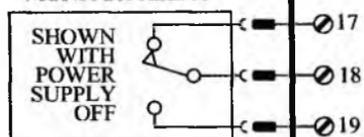


STATUS FEEDBACK
OUTPUT SWITCHES
SEE NOTE 6 AND 9

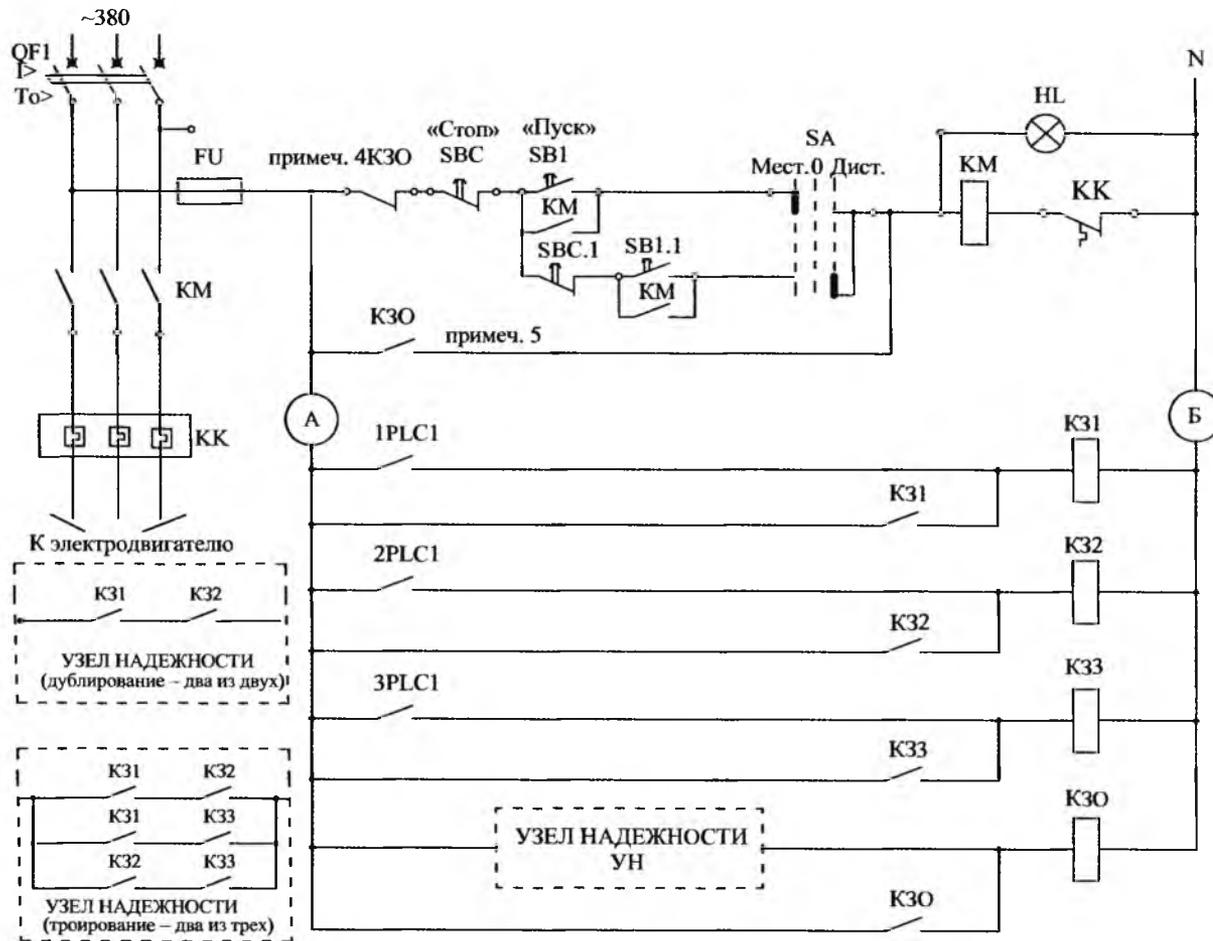
DEFAULT SETTING



MONITOR RELAY



Противоаварийная защита механизма длительного действия



Примечания:

1. Цепи реле противоаварийной защиты КЗ1, КЗ2, КЗ3 могут получать питание – точки А и Б либо от вторичных цепей электропривода механизма, либо от независимого источника бесперебойного питания. Отключение электропитания реле производится по специальному регламенту.

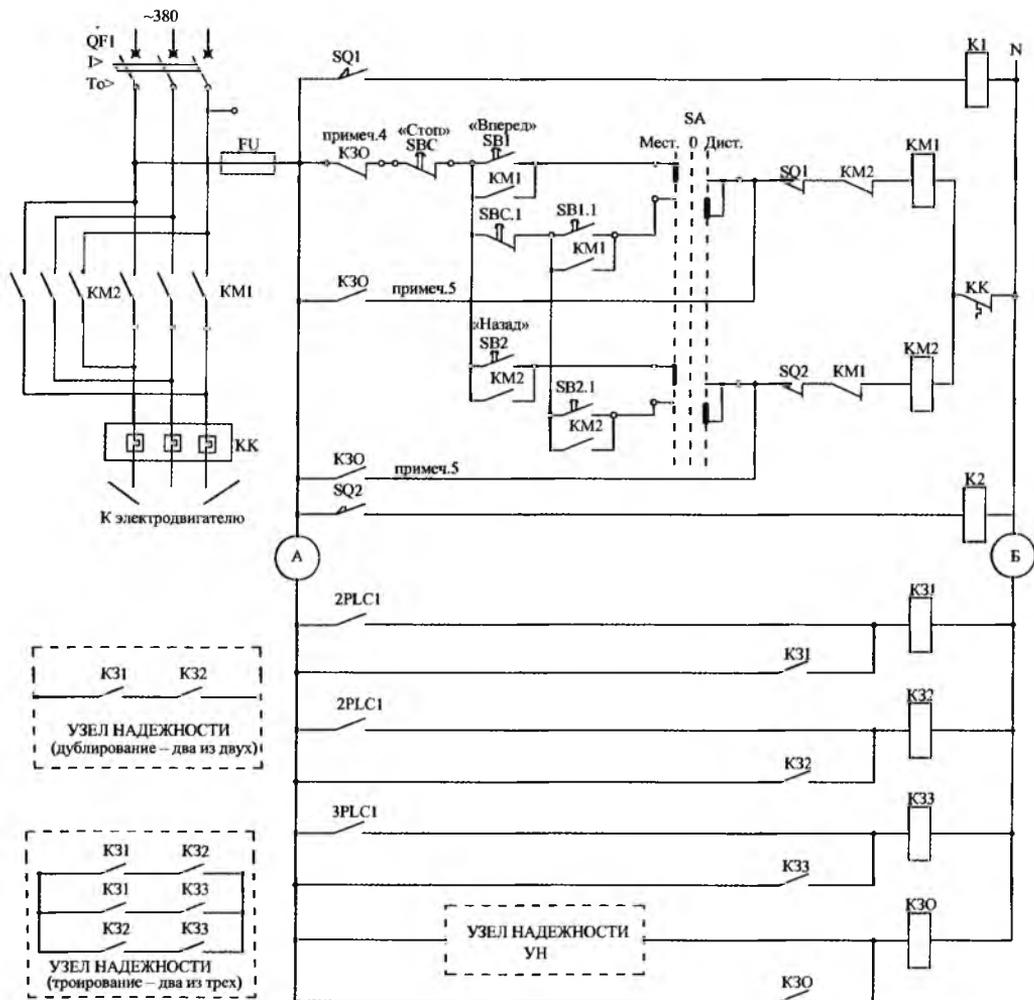
2. Реле противоаварийной защиты КЗ1, КЗ2, КЗ3 являются повторителями кратковременных дискретных независимых сигналов программируемых логических контроллеров или других источников сигналов нарушения нормального хода технологического процесса объекта управления.

3. Контакты реле КЗ1, КЗ2, КЗ3 создают «узел надежности» УН (дублирование независимых сигналов – два из двух; троирование независимых сигналов – два из трех). Через «узел надежности» включается общее реле противоаварийной защиты КЗО. Контакты КЗО создают цепи управления электроприводом механизма.

4. Размыкающий контакт КЗО отключает цепи управления механизмом в местном, дистанционном или автоматическом режиме.

5. Замыкающий контакт КЗО при необходимости выполнения алгоритма ПАЗ включает или поддерживает включенное состояние исполнительного контактора КМ.

Противоаварийная защита реверсивного механизма, перекрывающего поток



Примечания:

1. Цепи реле противоаварийной защиты K31, K32, K33 могут получать питание – точки А и Б либо от вторичных цепей электропривода механизма, либо от независимого источника бесперебойного питания. Отключение электропитания реле производится по специальному регламенту.

2. Реле противоаварийной защиты K31, K32, K33 являются повторителями кратковременных дискретных независимых сигналов программируемых логических контроллеров или других источников сигналов нарушения нормального хода технологического процесса объекта управления.

3. Контакты реле K31, K32, K33 создают «узел надежности» УН (дублирование независимых сигналов – два из двух; троирование независимых сигналов – два из трех). Через «узел надежности» включается общее реле противоаварийной защиты K30. Контакты K30 создают цепи управления электроприводом механизма.

4. Размыкающий контакт K30 отключает цепи управления механизмом в местном, дистанционном или автоматическом режиме.

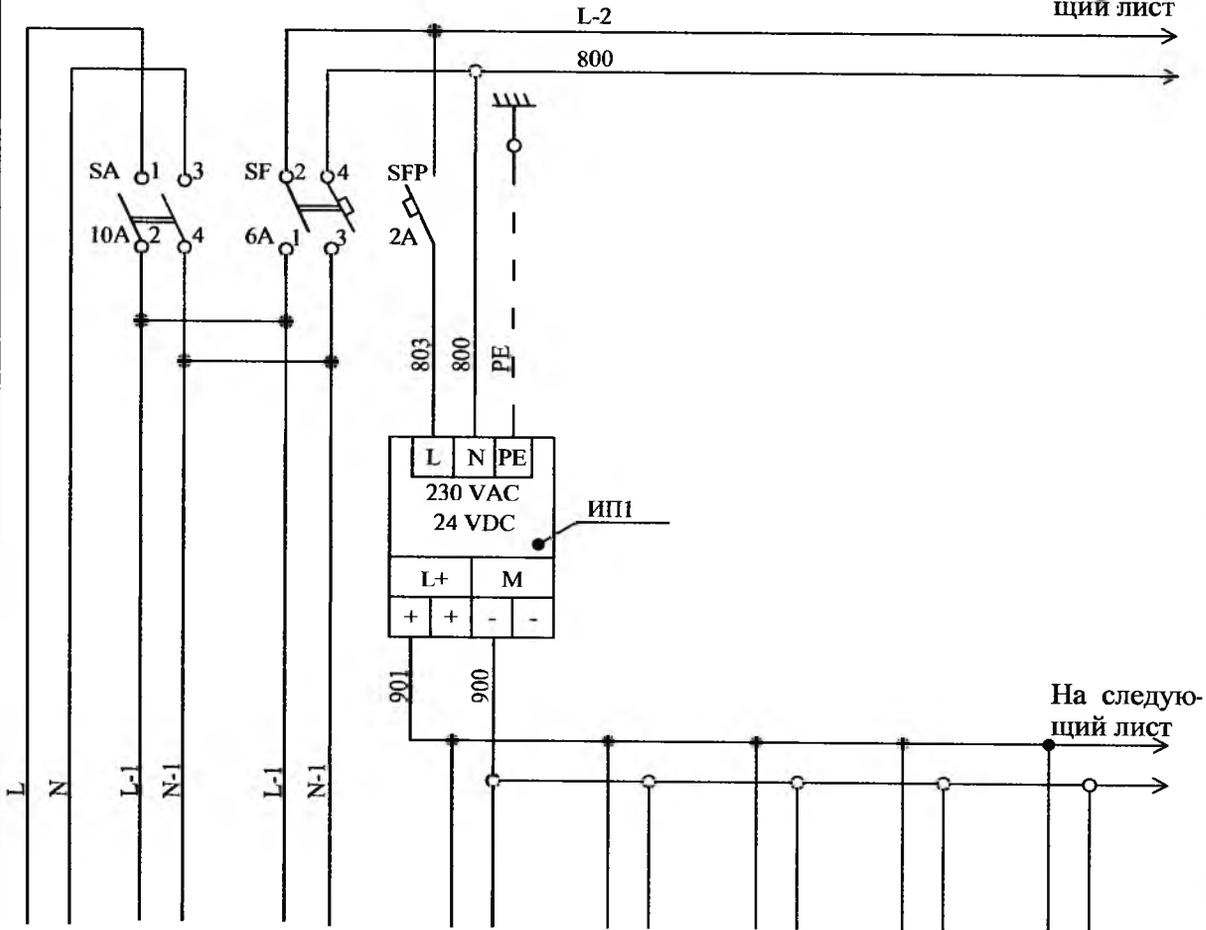
5. При необходимости выполнения алгоритма ПАЗ замыкающий контакт реле K30 включает обмотку соответствующего контактора KM1 или KM2, шунтируя цепи управления местного, дистанционного или автоматического режима.

Схема 13.Сх21

Распределительная сеть питания АСУТП

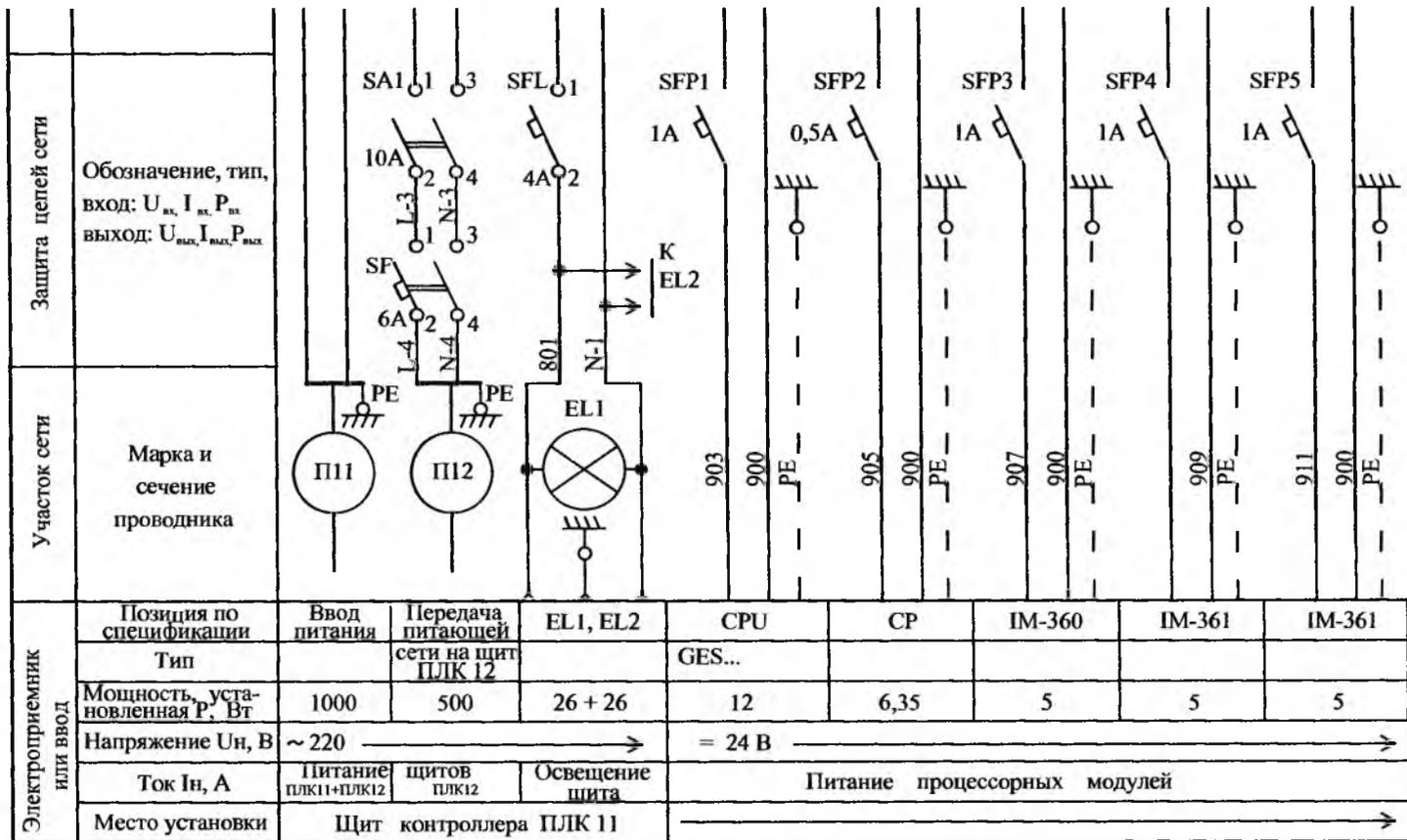
Позиция	Наименование	Кол-во шт	Примечание
SA, SA1	Двухполюсный выключатель, 220 В, 10 А	2	~ 220 В
SF	Двухполюсный автоматический выключатель, 6 А	1	~ 220 В
SFP SFM	Однополюсный автоматический выключатель, 2 А	2	~ 220 В
SFL	Однополюсный автоматический выключатель, 4 А	1	~ 220 В
SFD1, ..., SFD6	Однополюсный автоматический выключатель, 1 А	6	~ 220 В
SFP2, SFP6 ÷ SFP9	Однополюсный автоматический выключатель, 0,5 А	5	= 24 В
SFP3 ÷ SFP1 SFP5	Однополюсный автоматический выключатель, 1 А	4	= 24 В
FUAi1 + FUAi7	Предохранитель с плавкой вставкой, 0,5 А	7	= 24 В
FUDi1 ÷ FUDi11	Предохранитель с плавкой вставкой, 0,5 А	11	= 24 В
FUDo1 ÷ FUDo16	Предохранитель с плавкой вставкой, 1 А	16	= 24 В
ИП1, ИП2	Источник питания одноканальный	2	~ 230/= 24 В, 5 А
БП1 ÷ БП24	Блок питания двухканальный	24	~ 230/= 24 В, 1 А
EL1, XP1 EL2, XP2	Лампа люминесцентная выключатель, розетка (в комплекте)	2	~ 220 В
R1, R2	Повторитель	2	= 24 В

Участок сети	Марка и сечение проводника
Защита цепей сети	Обозначение, тип, номинальный ток, А расцепительная плавкая вставка, А
Преобразователь, источник питания, разделитель, барьер и т. п.	Обозначение, тип, вход: $U_{вх}$, $I_{вх}$, $P_{вх}$ выход: $U_{вых}$, $I_{вых}$, $P_{вых}$
Участок сети	Марка и сечение проводника

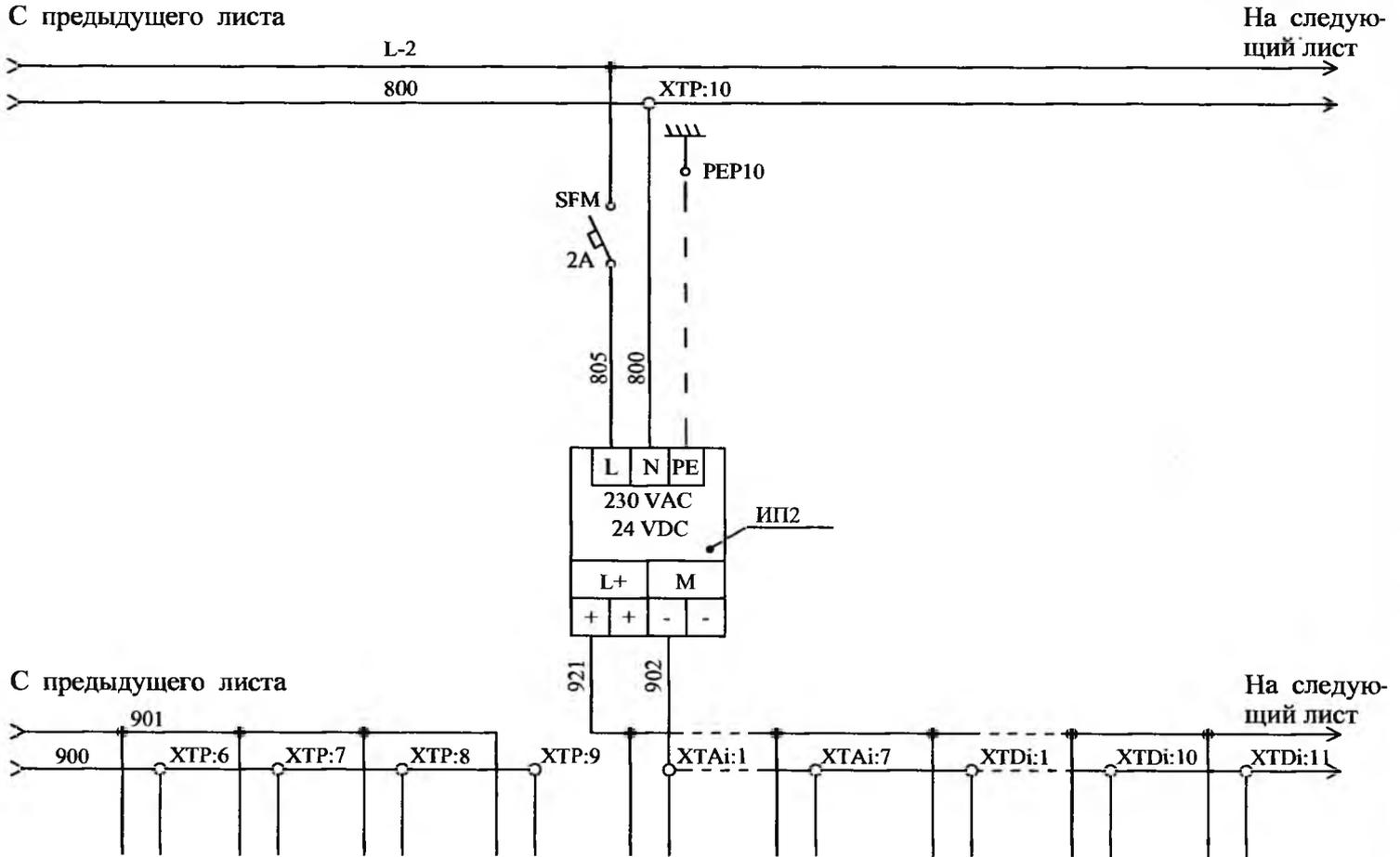


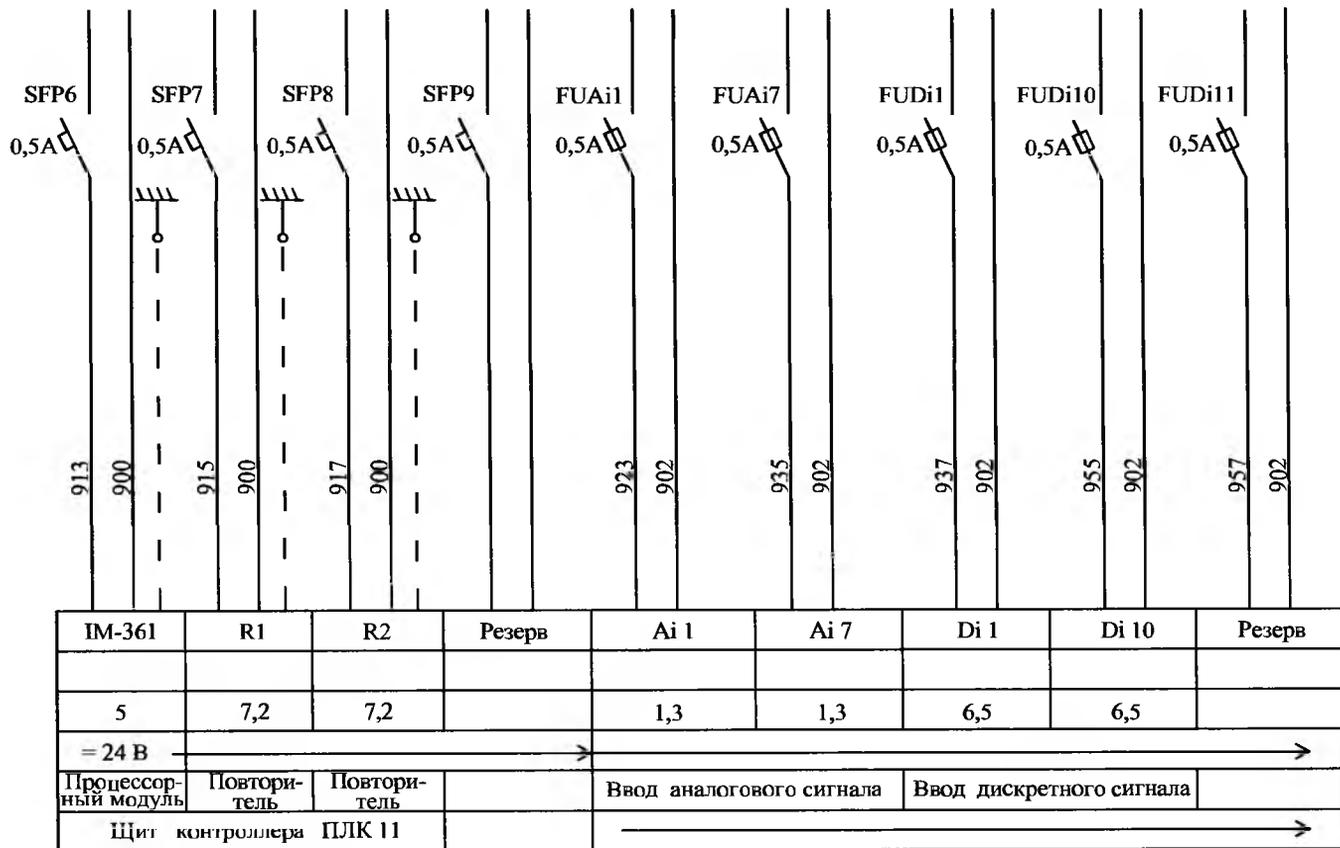
На следующий лист

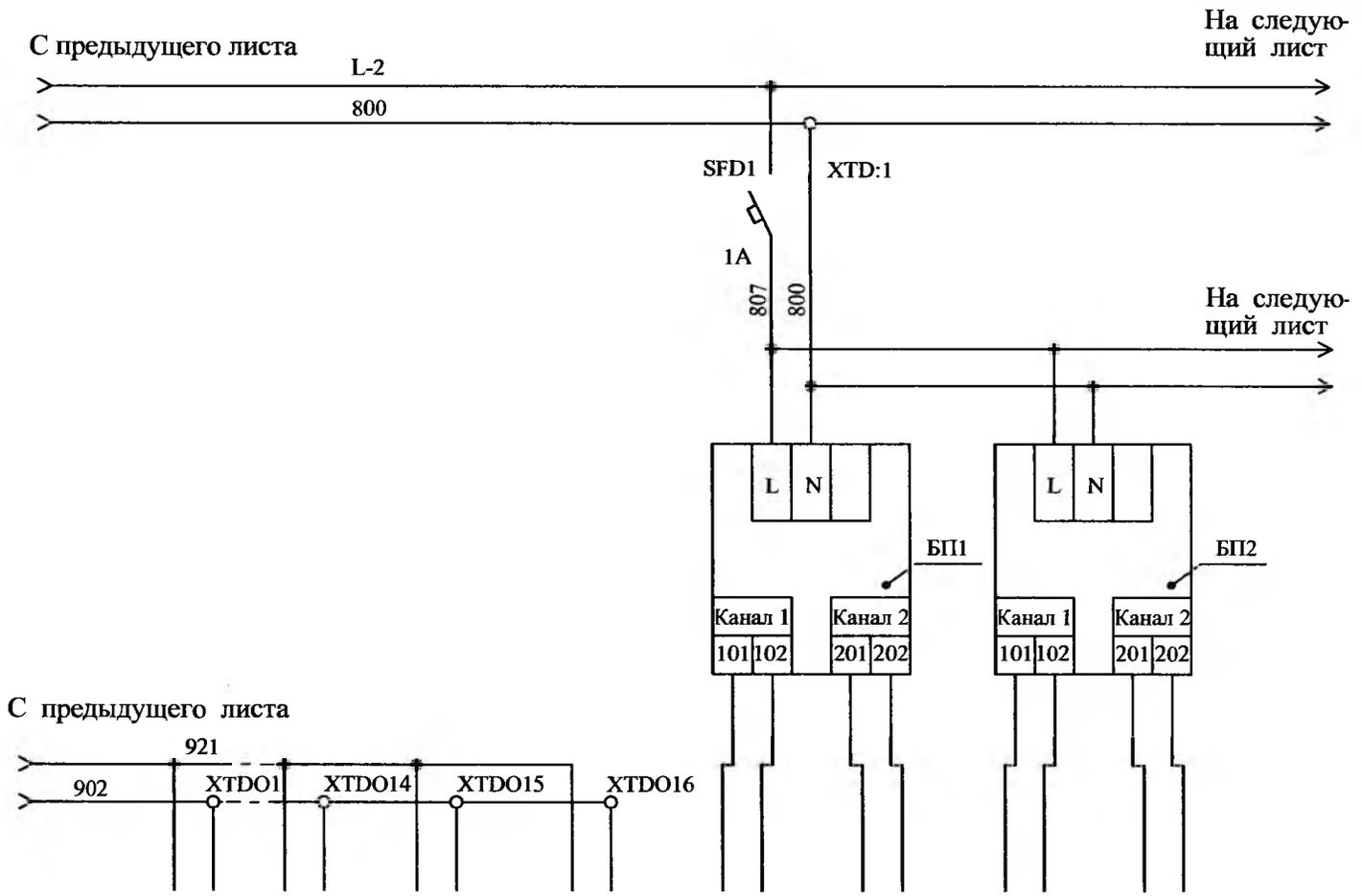
На следующий лист

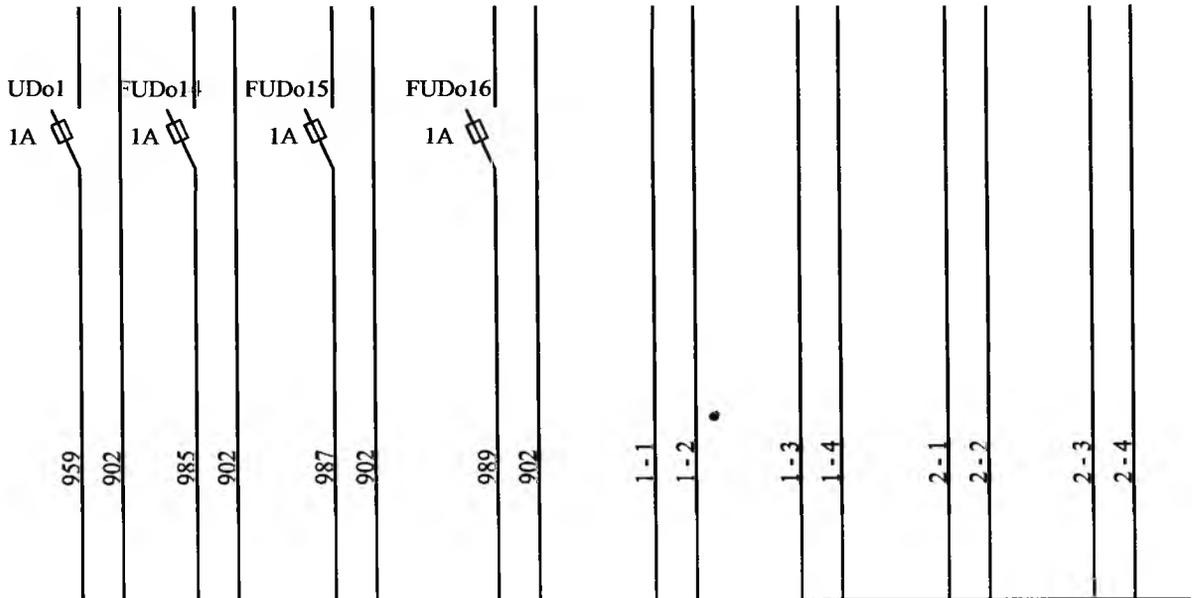


Примечание. Тип модулей контроллера на схеме не указан. Марка и сечение питающих и монтажных проводников определяется поставщиком щита по приведенным параметрам схемы питания.



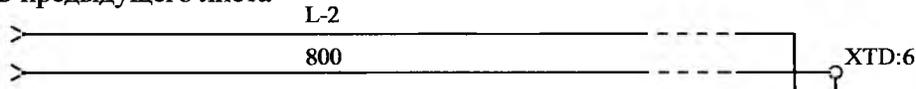




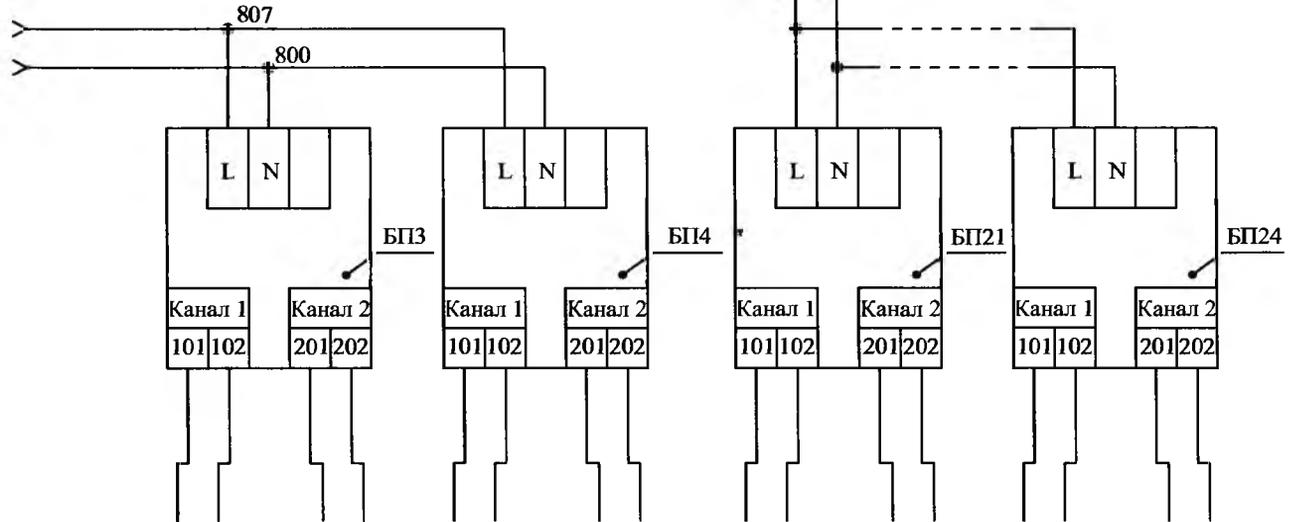


Do1	Do14	Резерв	HL	211TIR-1	211TIR-2	211TIR-3	211TIR-4
			8040/1150	Термометр сопротивления →			
4,2	4,2		3,0	0,5	0,5	0,5	
= 24 В →			= 24 В →				
Ввод дискретного сигнала				Температура			
Щит контроллера		PLC →		Насосная станция мазута № 17			

С предыдущего листа



С предыдущего листа



3-1		3-2		3-3		3-4		4-1		4-2		4-3		4-4		21-1		21-2		21-3		21-4		24-1		24-2		24-3		24-4	
211PiRA-1	211	211PiR-2		211PiR-3		216TiR-1		216TiR-2		216PiR-2		216PiR-3																			
Манометр	-	Мано-вакуумметр		Манометр		Термометр сопротивления		Мановакуумметр		Манометр																					
0,5	-	0,5		0,5		0,5		0,5		0,5																					
= 24 В →								= 24 В →																							
Давление перед фильтром	Ток двигателя	Давление перед насосом		Давление после насоса		Температура				Давление перед насосом		Давление после насоса																			
Н/С № 21	ЩСУ 21	Насосная станция мазута № 21				Насосная станция мазута № 26																									

Схема защиты сети АСУТП

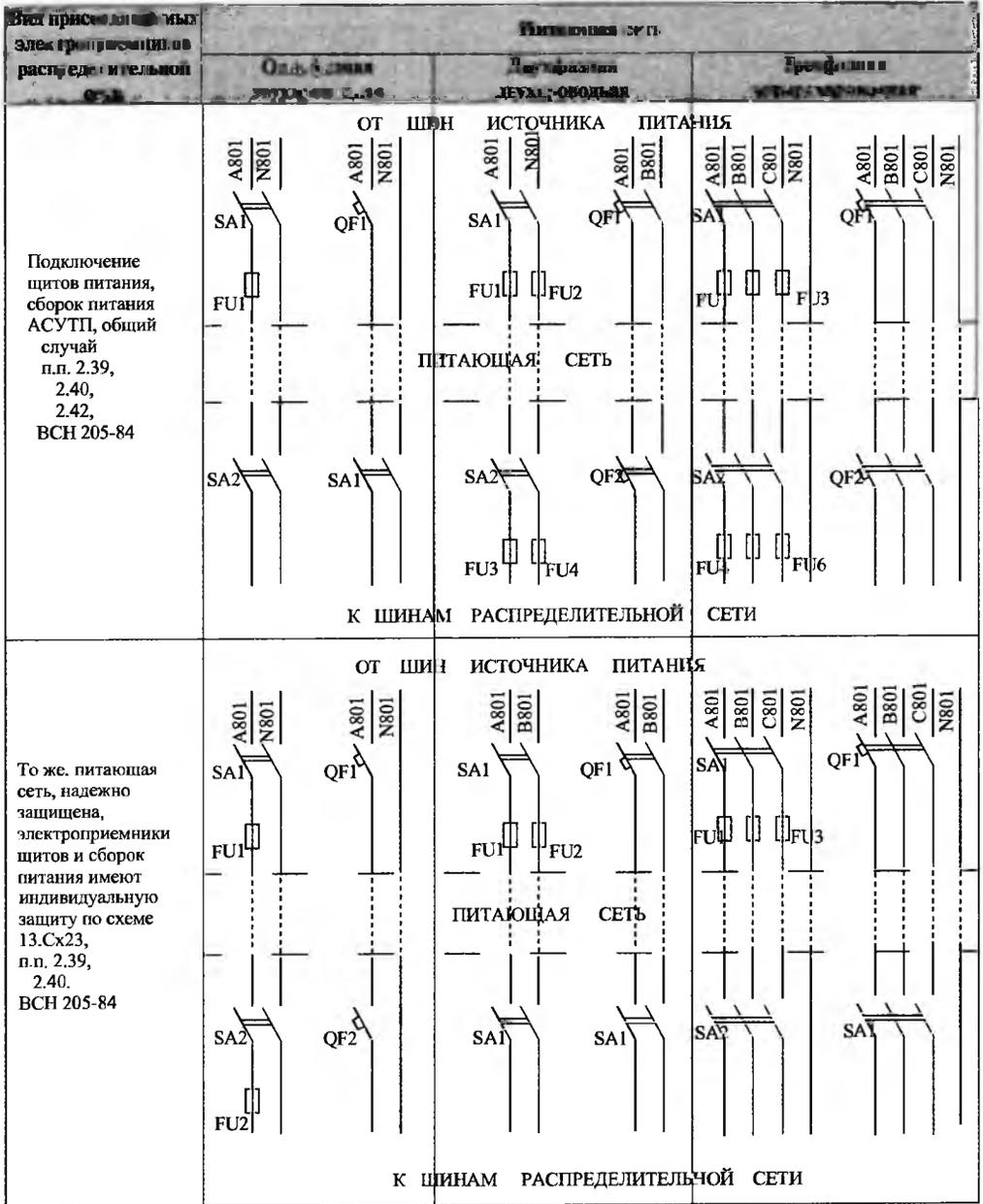
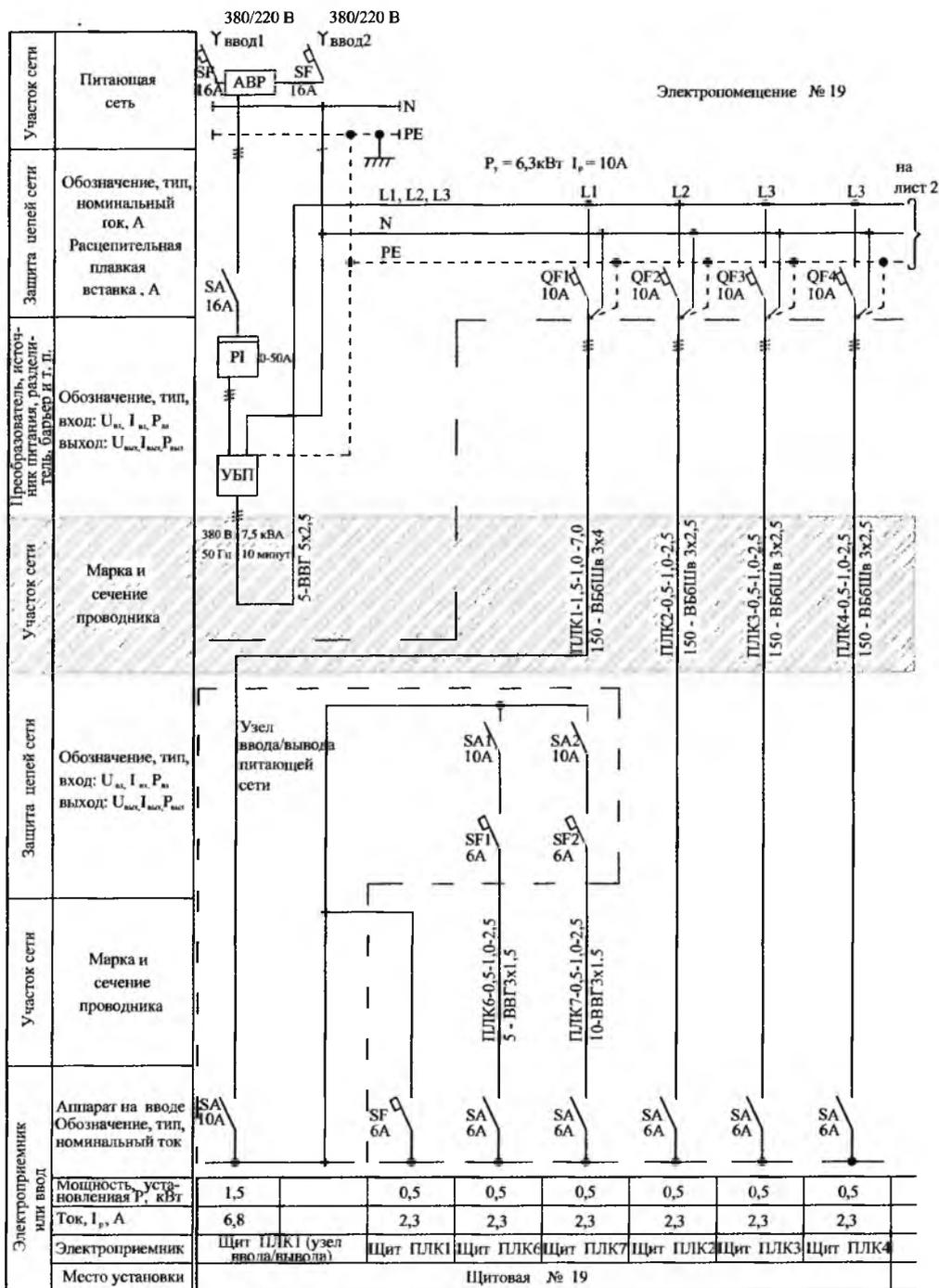


Схема 13.Сх23

Схема питания электроприемников распределительной сети АСУТП

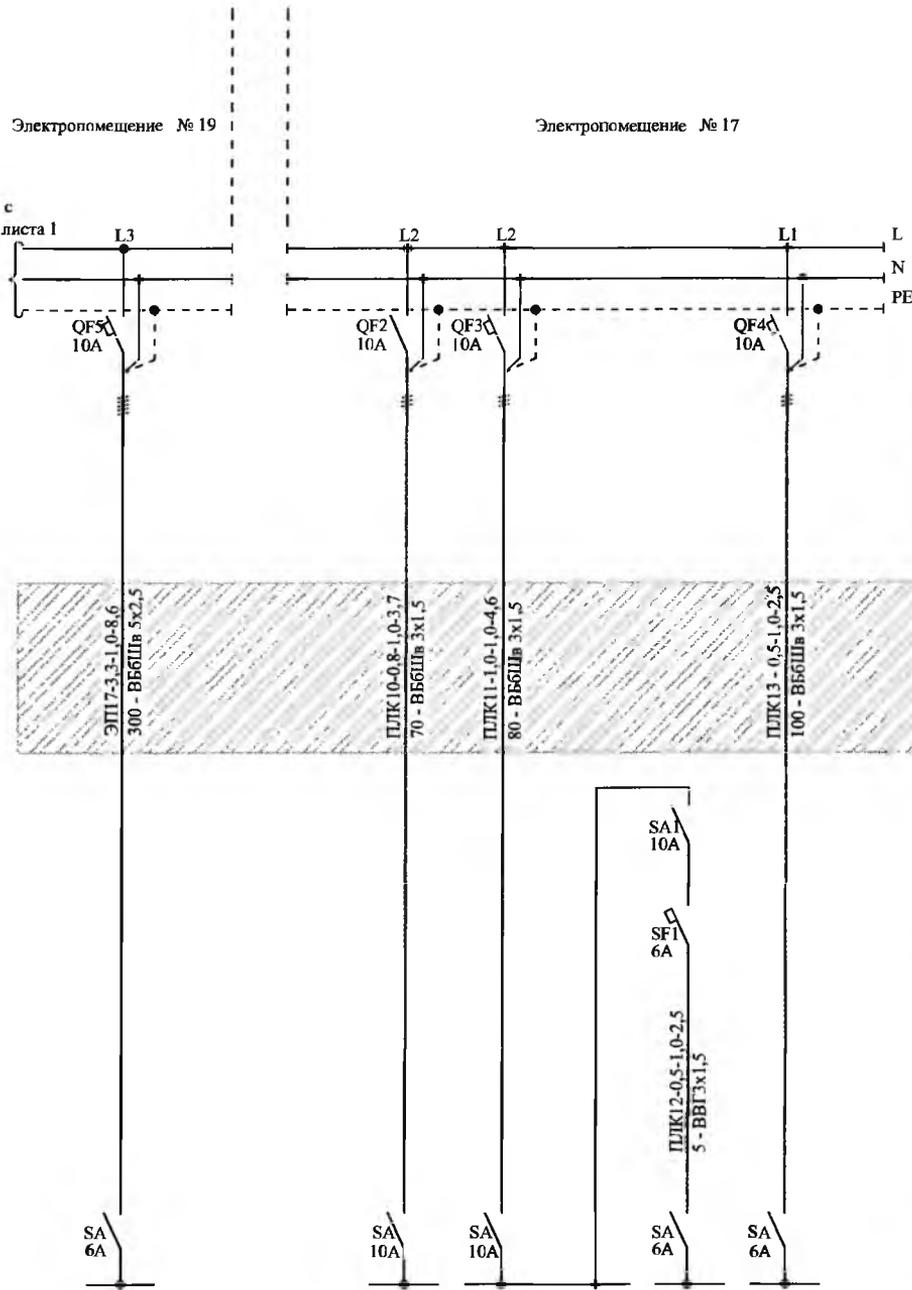
Вид встроенного электрического защитного устройства	Сеть питания электроприемников		
	Однфазная двухпроводная п. 2.42 ВСН 205-84	Двухфазная двухпроводная п. 6.7 ВСН 205-84	Трехфазная четырёхпроводная п. 2.42 ВСН 205-84
Без выключателя и предохранителя п.п. 2.39. ВСН 205-84			
Только выключатель			
Только предохранитель, электроприемник на щите, совмещенном со щитом питания, п.п. 2.41, ВСН 205-84			
Только предохранитель, щит с электро- приемником на щите, совмещен- ном со щитом питания, п.п. 2.41, ВСН 205-84			
Выключатель и предохранитель, щит электро- приемника сов- мещен со щитом питания п.п. 2.41, ВСН 205-84			
Выключатель и предохранитель, щит с электро- приемником слишком удален (более 6 м) от щита питания п.п. 2.41, ВСН 205-84			

Питающая сеть АСУТП



На линиях питающей сети указано: маркировка – расчетная нагрузка, кВт – коэффициент мощности – расчетный ток, А
длина участка, м – марка и сечение проводников

Окончание схемы 13.Сх24



	1,0			0,8	1,0		0,5	0,5
	4,6			3,7	4,6		2,3	2,3
	Щит ПЛК8			Щит ПЛК10	Щит ПЛК11		Щит ПЛК12	Щит ПЛК13
	Щитовая н/с			Щитовая № 17				

Электроприемник или ввод	40	Участок сети	30	Защита цепей сети	40	Преобразователь, источник питания, разделитель, барьер и т. п.	35	Защита цепей сети	30	Участок сети	20
--------------------------	----	--------------	----	-------------------	----	--	----	-------------------	----	--------------	----

Таблица 13.Т1

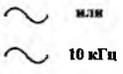
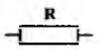
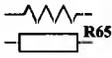
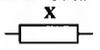
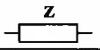
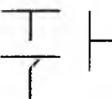
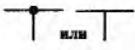
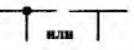
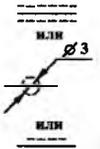
Перечень используемых стандартов

Обозначение	Наименование
ГОСТ 2.702-75*	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.709-89	ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах
ГОСТ 2.710-81*	ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах
ГОСТ 2.721-74*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения
ГОСТ 2.722-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические
ГОСТ 2.723-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
ГОСТ 2.727-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители
ГОСТ 2.728-74*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы
ГОСТ 2.729-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные
ГОСТ 2.741-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические
ГОСТ 2.747-68*	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размер условных графических обозначений
ГОСТ 2.755-87	ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения

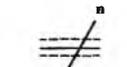
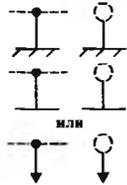
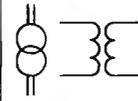
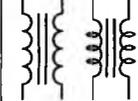
* В стандарт внесены изменения.

Таблица 13.Т2

Основные графические обозначения в схемах АСУТП

Наименование элемента	Россия		Германия		США	
	Графическое изображение	№ ГОСТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Постоянный ток Dc		2.721		IEC 617		ANSI
Полярность постоянного тока						
– положительная		2.721		IEC 617		ANSI
– отрицательная		2.721		IEC 617		ANSI
Переменный ток – общее обозначение (допускается справа от обозначения указывать величину частоты)		2.721		IEC 617		ANSI
Сопротивление:						
– активное		2.721		IEC 617		ANSI
– реактивное		2.721		IEC 617		ANSI
– полное		2.721				
Заземление:						
– общее обозначение Grounding – general symbol		2.721		IEC 617		ANSI
– защитное		2.721		IEC 617		ANSI
– электрическое соединение с корпусом		2.721		IEC 617		
Графическое разветвление (слияние) линий групповой связи		2.721				
Линия электрической связи с ответвлениями:						
– с одним		2.721		IEC 617		ANSI
– с двумя		2.721				
Шина						
– отводы от шины		2.721		IEC 617		ANSI
Экранированная линия электрической связи – общее обозначение; допускается обозначение экранирования показывать не по всей длине, а на отдельных участках		2.721		IEC 617		ANSI

Продолжение табл. 13.Т2

Наименование символа	Россия		Ев. зона		США	
	Графическое изображение	№ ГОСТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Группа индивидуально экранированных линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение: – каждая линия в группе n экранирована		2.721		IEC 617		ANSI
– соединение экрана с корпусом или землей		2.721				
Двигатель постоянного тока – общее обозначение		2.722		IEC 617		ANSI
Генератор постоянного тока – общее обозначение		2.722		IEC 617	 	ANSI
Двигатель переменного тока		2.722		IEC 617		ANSI
Генератор переменного тока		2.722		IEC 617		ANSI
Обмотка индуктивности: – управления		2.723		DIN		ANSI
– рабочая		2.723				
Трансформатор 1-фазный двухобмоточный – общее обозначение		2.723		DIN		ANSI
Разрядник – общее обозначение		2.727		IEC 617		
Плавкий предохранитель – общее обозначение		2.727		DIN		ANSI
Специальные предохранители – выключатель-предохранитель		2.727		IEC 617		

Продолжение табл. 13.Т2

Наименование символа	Россия		Европа		США	
	Цифрическое изображение	№ ГОСТ	Профильное изображение	Стандарт	Профильное изображение	Стандарт
Резистор постоянный – общее обозначение		2.728		DIN		ANSI
Резистор переменный: – общее обозначение	 или 	2.728		DIN		ANSI
– при реостатном включении		2.728		DIN	 или 	ANSI
Тензорезистор линейный		2.728		DIN		ANSI
Конденсатор постоянной емкости: – общее обозначение		2.728		DIN		ANSI
– электролитический поляризованный		2.728		DIN		ANSI
Конденсатор переменной емкости – общее обозначение		2.728		DIN		ANSI
Вид контура для обозначения приборов: – измерительный показывающий		2.729		IEC 617		ANSI
– регистрирующий		2.729		IEC 617		ANSI
– интегрирующий		2.729		IEC 617		ANSI
– комбинированный		2.729		IEC 617		ANSI
Примеры обозначения приборов: – часы первичные Master clock		2.729		DIN		ANSI
– часы вторичные Clock – general symbol Secondary clock		2.729		DIN		
Логометр: магнитоэлектрический (омметр – логометр)		2.729				

Продолжение табл. 13.Т2

Наименование символа	Россия		Европа		США	
	Графическое изображение	№ ГОСТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Диод: – общее обозначение		2.730		DIN		ANSI
– стабилитрон (диод выпрямительный лавинный) двусторонний		2.730		DIN		ANSI
Транзистор с p-n переходом: – типа p-n-p		2.730		DIN		ANSI
– типа p-n-p с коллектором, электрически соединенным с корпусом		2.730		DIN		ANSI
Фоточувствительные и излучающие приборы: – фоторезистор, общее обозначение		2.730		DIN		ANSI
– фотодиод		2.730		DIN		ANSI
– светодиод		2.730		DIN		ANSI
Оптоэлектронные приборы – оптрон диодный		2.730		DIN		ANSI
Лампа накаливания – общее обозначение Lamp – general symbol		2.732		DIN		ANSI
Электрический звонок: – постоянного тока		2.741		IEC 617		ANSI
– переменного тока		2.741				

Продолжение табл. 13.Т2

Наименование символа	СССР		Европа		США	
	Графическое изображение	№ ДИТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Сигнальные элементы – гудок, сигнальный рожок Horn, claxon		2.741		IEC 617		ANSI
Функциональные признаки коммутационных устройств:						
– замыкающих		2.755		IEC 617		ANSI
– размыкающих		2.755		IEC 617		ANSI
– переключающих		2.755		IEC 617		ANSI
Функция:						
– контактора		2.755				
– выключателя		2.755				
– разъединителя		2.755				
– выключателя-разъединителя		2.755				
– автоматического срабатывания		2.755				
– путевого или концевого выключателя		2.755				
– самовозврата		2.755				
– отсутствия самовозврата		2.755				
– дугогашения		2.755				

Продолжение табл. 13.Т2

Наименование символа	Россия		Европа		США	
	Графическое изображение	ГОСТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Контакт: – выключателя		2.755				
– разъединителя		2.755				
– выключателя-разъединителя		2.755				
Контакт концевого выключателя: – замыкающий		2.755		IEC 617		ANSI
– размыкающий		2.755		IEC 617		ANSI
Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт): – замыкающий		2.755		IEC 617		ANSI
– размыкающий		2.755		IEC 617		ANSI
Контакт, замыкающий с замедлением, действующим – при срабатывании		2.755		IEC 617		ANSI
– при возврате		2.755		IEC 617		ANSI
– при срабатывании и возврате		2.755				
Контакт, размыкающий с замедлением, действующим: – при срабатывании		2.755				

Окончание табл. 13.Т2

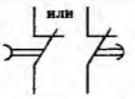
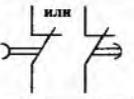
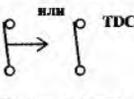
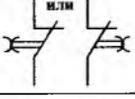
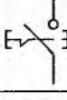
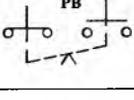
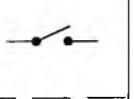
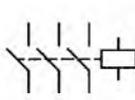
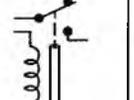
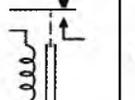
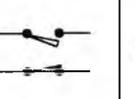
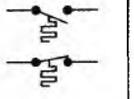
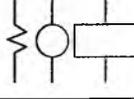
Назначение символа	Россия		Европа		США	
	Графическое изображение	№ ГОСТ	Графическое изображение	Стандарт	Графическое изображение	Стандарт
Контакт, размыкающий с замедлением, действующим: – при возврате		2.755		IEC 617		ANSI
– при срабатывании и возврате		2.755		IEC 617		
Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата с размыканием и возвратом элемента управления: – автоматически		2.755		IEC 617		ANSI
– посредством втягивания кнопки		2.755				
– посредством отдельного привода (например, нажатие кнопки – сброс)		2.755		IEC 617		ANSI
Выключатель: – ручной		2.755		DIN		
– электромагнитный (реле)		2.755		DIN		ANSI
– концевой с двумя отдельными цепями		2.755		DIN		ANSI
– термический саморегулирующий		2.755		DIN		
Реле электромагнитное, контактор (обмотка)		2.756		IEC617 DIN		ANSI

Таблица 13.Т3

Обозначение квалифицирующего символа

Тип условного обозначения	Квалифицирующий символ	Предназначение условного обозначения и его символ
Высший уровень устройства	=	Объект, имеющий схему и перечень элементов (применим только в составных обозначениях)
Функциональная группа	≠	Функциональная группа (указывает назначение функциональной группы)
Конструктивное расположение	+	Указание места расположения элемента или устройства в системе
Позиционное расположение элемента или устройства	~ или -	Элемент или устройство, входящее в состав системы (указывает вид элемента, его порядковый номер, функцию элемента системы)
Электрический контакт	:	Электрический контакт (вывод) элемента или устройства в системе
Адрес	()	Место на документе, в котором содержится графическое обозначение или описание элемента (устройства, функциональной группы), (применим только в составном обозначении)

Таблица 13.Т4а

Буквенные коды функционального назначения элементов

Буквенный код	Функциональное назначение элемента
A	Вспомогательный
B	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)
C	Считывающий
D	Дифференцирующий
F	Защитный
G	Испытательный
H	Сигнальный
I	Интегрирующий
K	Толкающий
M	Главный
N	Измерительный
P	Пропорциональный
Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
R	Возврат, сброс
S	Запоминание, запись
T	Синхронизация, задержка
V	Скорость (ускорение, торможение)
W	Сложение
X	Умножение
Y	Аналоговый
Z	Цифровой

Таблица 13.Т4а

Буквенные коды видов элементов

Первая буква и код (обязательная)	Группа элементов	Типы элементов	Двух- буквенный код
А	Устройства (общее назначение)	Усилители, приборы, телеуправления, лазеры, мазеры	—
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или, наоборот, аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	ВА
		Магнитострикционный элемент	ВВ
		Детектор ионизирующих излучений	ВД
		Сельсин-приемник	ВЕ
		Телефон (капсюль)	ВФ
		Сельсин-датчик	ВС
		Тепловой датчик	ВК
		Фотоэлемент	ВЛ
		Микрофон	ВМ
		Датчик давления	ВП
		Пьезоэлемент	ВQ
		Датчик частоты вращения	ВR
Звукосниматель	BS		
Датчик скорости	BV		
С	Конденсаторы		—
D	Микросхемы	Устройства хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
Е	Элементы разные (осветительные, нагревательные)	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL

Продолжение табл. 13.Т4а

Первая буква кода (обязательная)	Группа элементов	Наименование элемента	Двухбуквенный код
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Разрядный элемент	FR
		Разрядный элемент для защиты по току мгновенного действия	FS
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле поляризованное	KP
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушка индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели электрические		—

Продолжение табл. 13.Т4а

Начальная буква кода (обязательная)	Группа элементов	Типы элементов	Обух- индекс- тема код
P	Приборы, измерительное оборудование*	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RV
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных**	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		– уровня	SL
		– давления	SP
		– положения (путевой)	SQ
		– частоты вращения	SR
– температуры	SK		

Окончание табл. 13.Т4а

Первая буква кода (обязательная)	Группа элементов	Типы элементов	Двух-буквенный код
Т	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	ТА
		Электромагнитный стабилизатор	ТС
		Трансформатор напряжения	ТВ
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UI
		Преобразователь частотный инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Линии и элементы СВЧ, антенны	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
		Антенна	WA
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз	YB
		Муфта	YC
		Электромагнитный патрон	YH
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители		-

* Сочетание PE применять не допускается.

** Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей.

Таблица 13.Т5

Таблица состояния сигнальных элементов
в различных схемах технологической сигнализации

№ строки	Технологический сигнал или действие оператора	Элемент				Схема Р		Схема М				
		КП	КА	СМК	СВП	НГА	НА	Лампа НЛ		Звонок		
								ровный свет	мигание	НАП	НАА	
предварительный сигнал	аварийный сигнал	принят сигнала	опробование сигнала	ровный свет	звонок	ровный свет	мигание	быстрое	предварительный	аварийный		
1	Параметр (Р, П, А) в норме	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Параметр (Р, П) вне нормы (предварительный сигнал)	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-
3	Оператор принимает сигнал (квитует) (Р, П)	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
4	Параметр (Р, П) вне нормы, оператор сигнал принял	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
5	Параметр А вне нормы (аварийный сигнал)	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+
6	Оператор принимает аварийный сигнал А	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
7	Параметр А вне нормы, оператор сигнал принял	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
8	Параметр (Р, П, А) в норме	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Опробование сигнальных элементов	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+

Примечания:

Схема Р – принципиальная электрическая схема сигнализации ровным светом без мигания.

Схема М – принципиальная электрическая схема сигнализации с миганием.

Таблица 13.Т6

Характеристика использования переключателя режимов управления электроприводом при различном местоположении

Особенности использования	Достоинства	Недостатки
<p>Переключатель режимов SA установлен в производственном помещении (по месту):</p> <ol style="list-style-type: none"> SA доступен квалифицированному обслуживающему и ремонтному персоналу. Переключение режимов (использование SA) производится достаточно часто. Несанкционированное (случайное) переключение SA не приводит к непредсказуемым результатам 	<ol style="list-style-type: none"> SA находится в видимом положении для обслуживающего и ремонтного персонала. Не требуется установки дополнительной аппаратуры аварийного отключения (п. 5.3.31 ПУЭ) 	<ol style="list-style-type: none"> Незначительное увеличение затрат на кабельную и монтажную продукцию. Возможность несанкционированного переключения SA
<p>Переключатель режимов SA установлен в специальном электротехническом помещении для СУ (станций управления):</p> <ol style="list-style-type: none"> SA доступен квалифицированному персоналу электриков, имеющих допуск к работе. SA установлен в цепи управления электроприводом большой мощности или со сложной пусковой схемой. Переключение производится редко. В операциях опробования наладки при «местном режиме» участвует специалист-электрик 	<ol style="list-style-type: none"> Простой монтаж SA. Ответственное переключение SA. Невозможно (затруднено) несанкционированное использование SA 	<ol style="list-style-type: none"> Невидимое положение SA для обслуживающего и ремонтного персонала. Требуется установка аппарата аварийного отключения по п. 5.3.31 ПУЭ
<p>Переключатель режимов SA установлен в помещении оператора (диспетчера):</p> <ol style="list-style-type: none"> SA доступен ответственному оперативному работнику. Возможно виртуальное переключение режимов по программе управляющего компьютера. Необходима высокая надежность комплекса технических средств АСУТП 	<ol style="list-style-type: none"> Невозможно (затруднено) несанкционированное использование SA. Высокая организация технологической производственной дисциплины обслуживающего и ремонтного персонала 	<ol style="list-style-type: none"> Невидимое положение SA для обслуживающего и ремонтного персонала. Высокая организация технологической производственной дисциплины обслуживающего и ремонтного персонала. Требуется установка аппарата аварийного отключения по п. 5.3.31 ПУЭ. Незначительное увеличение затрат на кабельную и монтажную продукцию

Таблица 13.Т7

Условия срабатывания выключателей при работе в зоне короткого замыкания и зоне перегрузок в зависимости от установки по выдержке времени

Исполнение выключателей по виду максимально-токовой защиты	Вид максимального расцепителя тока	Характер тока срабатывания	Характер выдержки времени срабатывания выключателей	Полное время отключения цепи выключателями в зоне токов короткого замыкания
Токоограничивающие	Полупроводниковый	Ток короткого замыкания	Без специально предусмотренной выдержки времени	
Селективные			Выдержка времени постоянная и не зависит от величины тока КЗ	
Токоограничивающие переменного тока		При токах КЗ ниже уставки по току срабатывания электромагнитных расцепителей	Допускается увеличение времени срабатывания	
Селективные переменного тока		До возникновения тока КЗ ток в главной цепи отсутствовал или был ниже 0,71 полупроводникового расцепителя	Допускается увеличение времени срабатывания	
Все исполнения	Тепловой, полупроводниковый	Токи перегрузки	Выдержка времени обратно зависящая от тока в защищаемой цепи	
Токоограничивающие, нетокоограничивающие	Электромагнитный и полупроводниковый, электромагнитный и тепловой, электромагнитный			0,04 с
Селективные	Полупроводниковый			Находится в пределах, приведенных в разделе 13.6.4.3

Таблица 13.Т8

Параметры, характеризующие аппараты защиты и питающую сеть/цепь электроприемников

Наименование	Параметр		Примечание
	Обозначение	Характеристика	
Номинальное напряжение	$U_{\text{ном}}$	Наибольшее номинальное напряжение сети $U_{\text{ном с}}$, в которой применяется данный аппарат	
Номинальный ток	$I_{\text{ном}}$	Наибольший номинальный ток, протекание которого через главные контакты аппарата допустимо в течение неограниченного времени и который не вызывает срабатывание защитного устройства аппарата	Защитное устройство аппарата: – плавная вставка; – расцепитель; – токовое реле; – тепловое реле
Номинальный ток теплового защитного устройства	$I_{\text{ном тепл.}}$	Наибольший ток теплового защитного устройства, при котором оно не срабатывает	Тепловое защитное устройство: – плавная вставка; – тепловое реле; – тепловой расцепитель
Ток отключения	$I_{\text{откл.}}$	Максимальный ток, отключаемый контактами аппарата, без повреждения и разрушения аппарата	При отключении максимальных (например, пусковых) токов происходит повышенный износ контактов (повреждения), но без их разрушения
Ток включения	$I_{\text{вкл.}}$	Максимальный пусковой ток включения, который не вызывает повреждения аппарата	
Номинальное напряжение катушки магнитного пускателя	$U_{\text{ном кат.}}$	Номинальное напряжение цепи управления пускателем, прикладываемое к катушке управления магнитным пускателем	
Номинальное напряжение	$U_{\text{ном с}}$	Номинальное линейное напряжение сети переменного тока; номинальное напряжение сети постоянного тока	
Номинальное фазное напряжение	$U_{\text{ном ф}}$	Номинальное напряжение однофазной сети переменного тока (фаза – ноль)	

Продолжение табл. 13.Т8

Параметр			Примечание
Наименование	Обозначение	Характеристика и поясн.	
Длительный расчетный ток	$I_{\text{длит.}}$	Действительный длительно протекающий по защищаемой линии электрический ток	Характеристика $I_{\text{длит.}}$ приведена в примечании к таблице
Пусковой ток	$I_{\text{пуск}}$	Пусковой ток электродвигателя или другого электроприемника	
Максимальный кратковременный ток	$I_{\text{кр.}}$	Максимальный кратковременный ток магистральной линии, являющийся суммой токов $I_{\text{пуск}}$ и $I_{\text{длит.}}$	
Пусковой ток магистральной линии	$I'_{\text{пуск}}$	Пусковой ток электродвигателя или группы одновременно включаемых двигателей, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшего значения	
Длительный предпусковой расчетный ток магистральной линии	$I'_{\text{длит.}}$	Длительный расчетный ток линии до момента пуска электродвигателя (или группы двигателей), определяемый без учета рабочего тока пускаемого электродвигателя (или группы электродвигателей)	
Ток короткого замыкания	$I_{\text{кз}}$	Максимальный ток, протекающий в цепи при аварийной ситуации соединения разных фаз между собой или фазы с заземленным проводником	
Номинальный ток электродвигателя (электроприемника)	$I_{\text{ном двт}}$	Ток электродвигателя или электроприемника при нормальном режиме его функционирования	Определение номинального тока приведено в пояснении к таблице
Номинальный ток катушки магнитного пускателя		Ток катушки МП в нормальном режиме	
Длительный ток включенных в цепь средств автоматизации	$I_{\text{раб max}}$	Наибольший суммарный ток, потребляемый катушками аппаратов, сигнальными лампочками и т. д. При одновременной работе	

Окончание табл. 13.Т8

Параметр			Примечание
Наименование	Обозначение	Характеристика	
Суммарный ток одновременно включаемых средств автоматизации	$I_{\text{вкл. max}}$	Наибольший суммарный ток, потребляемый при включении катушек одновременно включаемых аппаратов	

Примечания:

Под термином «Длительный расчетный ток» в общем случае понимается не номинальный ток отдельного электроприемника или сумма номинальных токов группы электроприемников, хотя они могут им быть, а действительный длительно протекающий по линии ток, определенный с учетом коэффициента одновременности работы электроприемников и коэффициента их загрузки.

Если известны номинальные мощности электроприемников, то их номинальные токи могут быть определены по следующим соотношениям:

$$I = 1000P/1,73U_{\text{ном}} \cos\varphi\eta$$

– для трехфазных электроприемников переменного тока;

$$I = 1000P/U_{\text{ном ф}} \cos\varphi\eta$$

– для однофазных электроприемников, присоединенных к одной фазе сети трехфазного тока;

$$I = 1000P/U_{\text{ном}}\eta$$

– для электроприемников постоянного тока, где P – номинальная мощность электроприемника (или группы приемников), кВт; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение (для электроприемников переменного тока – линейное напряжение сети), В; $U_{\text{ном ф}}$ – номинальное фазное напряжение, В; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности; η – КПД электродвигателя).

Таблица 13.Т9

**Соотношение параметров защитных аппаратов, питающей сети и электроприемников
для выбора аппаратов защиты и управления цепей**

Условие выбора аппарата	Применимость условия при выборе				Примечание
	Переключатель, выключатель	Предохранитель	Автоматический пускатель	Магнитный пускатель	
$I_{ном} \geq I_{ном с}$	+	+	+	+	
$I_{ном} \geq I_{длит}$	+	+	+	+	
$I_{откл} > I_{пуск}$	+	х	+	+	
$I_{вкл} > I_{пуск}$	+	х	+	+	
$I_{ном} \geq I_{пуск}/2,5$	х	+ 1)	х	х	$I_{кр} = I'_{пуск} + I'_{длит}$ Магистраль электродвигателей
$I_{ном} \geq I_{кр}/2,5$	х	Магистр. цепь + 2)	х	х	Магистраль средств автоматической защиты
$I_{ном} \geq \Sigma I_{расмах} + \Sigma I_{вклмах}$	х	+ 3)			
$I_{кз}/I_{ном} > 10-15$	х	х			
$U_{откл} < U_{ном кат}$	х	+	х	+ 4)	
$I_{кз}/I_{ном} > 3$	х	х	+	+	Во взрывоопасных установках
$I_{ном расц} \geq I_{двиг}$	х	х	+ 4)		
$I_{ном. элм.} \geq 1,25 I_{пуск}$	х	х	+ 5)	х	$I_{пуск} = \Sigma I_{ном дв} + \Sigma I'_{пуск}$
$I_{ном тепл.} \geq I_{ном. дв.}$	х	х	+ 5)	Тепловое реле + 5)	

Пояснения к таблице:

1. Это отношение выведено на основе практического опыта и исходит из того, что ускоренное старение плавких вставок не наблюдается, если максимальный ток, протекающий через вставку в течение какого-то времени t , не превышает примерно половины тока, который расплавит ее за то же время. Это означает, например, что если ток, равный $5 I_{ном. вст}$, расплавляет плавкую вставку за время $t = 2$ с, то в течение этого же времени через вставку может проходить ток, равный $2,5 I_{ном. вст}$ и возникающий при этом временный перегрев не вызывает заметного окисления и ускоренного ее старения.

2. Плавкие вставки не всегда будут защищать электродвигатель исполнительного механизма или задвижки от перегрузки. Так, например, если номинальный ток двигателя составляет 10 А, а пусковой ток 70 А, то номинальный ток плавких вставок, выбранный по (6.5), составляет 28 А (ближайшая большая плавкая вставка предохранителей имеет номинальный ток 30 А). Выбранные таким образом плавкие вставки обеспечат нормальный пуск такого двигателя и защиту его от коротких замыканий при условии, что ток короткого замыкания в самой удаленной точке защищаемой цепи будет не менее чем в 3 раза превышать номинальный ток плавких вставок. Однако такая защита не будет чувствительна к токам перегрузки,

превышающим номинальный ток линии (в данном случае это номинальный ток электродвигателя 10 А) в 3 раза.

В таких случаях плавкие предохранители осуществляют защиту только от токов короткого замыкания, а защиту от перегрузки можно выполнить, например, с помощью тепловых элементов, встроенных в магнитные пускатели.

3. Для надежного и быстрого перегорания плавких вставок требуется, чтобы при коротком замыкании в конце защищаемого участка обеспечивалась необходимая кратность тока короткого замыкания, т. е. отношение тока короткого замыкания $I_{кз}$ к номинальному току плавкой вставки $I_{ном. вст.}$

Опыт эксплуатации показывает, что при кратности тока $I_{кз}$ току $I_{ном. вст.}$ равной 10–15, когда время перегорания вставки не превышает 0,15–0,2 с, защита работает хорошо: практически уже не сказывается разброс характеристик плавких вставок в разных фазах и предотвращается приваривание контактов магнитных пускателей в цепях электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек.

4. При коротких замыканиях происходит снижение напряжения, которое может вызвать самопроизвольное отключение магнитных пускателей. В этом случае, если время перегорания плавких вставок окажется больше времени снижения напряжения до значения, при котором магнитные пускатели самопроизвольно отключаются (обычно это происходит при снижении напряжения ниже $0,85 U_{ном. кат.}$), то ток короткого замыкания будет отключен не аппаратом защиты, а магнитным пускателем, не предназначенным для этой цели. Это сопровождается либо привариванием контактов пускателя, либо их сильным обгоранием, а часто — выходом из строя. Поэтому с учетом того, что протекание тока короткого замыкания не только вызывает сильный перегрев электрооборудования и проводников, а следовательно, ухудшение или разрушение их изоляции, но и может привести к неселективной работе аппаратов защиты и коммутационных аппаратов, в ПУЭ включено требование, чтобы во всех случаях отключение поврежденных участков защитными аппаратами происходило с наименьшим временем. А время это исходя из защитной характеристики предохранителей тем меньше, чем больше отношение $I_{кз}/I_{ном. вст.}$

5. Надо учитывать, что если нагрузка двигателя значительно меньше его номинальной мощности, то следует принимать длительный расчетный ток линии.

Таблица 13.Т10

Применение аппаратов управления и защиты в цепях электропитания АСУТП

Наименование цепи и ее граница	Аппаратура управления и защиты		Примечание
	Автоматический выключатель	Выключатель - предохранитель	
1. Питающая сеть АСУТП			Требования изложены в тексте раздела
2. Распределительная сеть АСУТП	+1	+2	Требования изложены в тексте раздела
2.1. Электродвигатель исполнительного механизма, электропривод задвигжки	+1 (мп)	+2 (мп)	Требования изложены в тексте раздела
2.2. Средства автоматизации	+2	+1	Автоматический вы- ключатель должен быть чувствителен к токам короткого за- мыкания и оправдан экономически
2.3. Производственная сиг- нализация	+2	+1	Автоматический вы- ключатель должен быть чувствителен к токам короткого за- мыкания и оправдан экономически
2.4. Стационарное освеще- ние щитов		+1	Предохранитель в фазном проводе

Примечания:

- 1 и 2 означает предпочтительный порядок применения аппаратов.
2. Таблица составлена в соответствии с п. 2.36 ВСН 205-84.

ГЛАВА 14. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ И ПОДКЛЮЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ

	Лист
14.1. Термины	14–1
14.2. Схема соединений внешних проводов	14–2
14.2.1. Графический метод	14–4
14.2.2. Табличный метод	14–6
14.2.3. Упрощенный метод	14–7
14.2.4. Комбинированный метод	14–8
14.3. Схема соединений внутри щита	14–8
14.3.1. Графический метод	14–10
14.3.2. Адресный или встречный метод	14–11
14.3.3. Табличный метод	14–11
14.3.4. Пояснение к схеме соединений	14–12
14.4. Схема подключений	14–14
14.4.1. Схема подключения внешних электрических проводов	14–15
14.4.2. Таблица подключения электрических проводов	14–15
14.4.3. Соединения и присоединения	14–16
14.4.4. Маркировка проводников, проводов и кабелей	14–19
14.5. Выбор проводов, кабелей и защитных труб	14–20
14.5.1. Выбор проводов и кабелей	14–21
14.5.2. Сечение проводников	14–23
14.5.3. Изоляция проводов и кабелей	14–24
14.5.4. Резерв проводов и жил кабелей	14–24
14.5.5. Кабельные изделия	14–24
14.5.6. Кабельные изделия в АСУТП	14–26
14.5.7. Кабели	14–26
14.5.8. Силовые кабели	14–27
14.5.9. Контрольные кабели	14–27
14.5.10. Кабели управления	14–28
14.5.11. Силовые и установочные провода	14–28
14.5.12. Кабели с витой парой	14–29
14.5.13. Термоэлектродные провода	14–30
14.5.14. Радиочастотный кабель	14–31
14.5.15. Волоконно-оптические кабели	14–33
14.5.16. Выбор защитных труб	14–42
14.6. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	14–42
14.7. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	14–43
14.8. Технический материал, использованный в данной главе	14–44
Перечень рисунков	
14.Р1. Таблица данных	14–45
14.Р2. Обозначение составного щита/пульты	14–45
14.Р3. Обозначение внещитового прибора, соединительной коробки на совмещенной схеме соединений и подключений	14–46
14.Р4. Обозначение единичного средства на щите (стативе)	14–46
14.Р5. Обозначение протяжной коробки	14–46
14.Р6. Условные графические обозначения	14–47
14.Р7. Таблица соединений	14–47

14.P8. Таблица подключений	14–47
14.P9. Способы зажима и подключения проводок в клеммах	14–48
14.P10. Оконцевание жил кабелей и проводов	14–49
14.P11. Пример буквенного обозначения контрольных и специальных кабелей, применяемых в АСУТП	14–50
14.P12. Пример условного обозначения термоэлектродных (термопарных, компенсационных) проводок	14–51
14.P13. Пример обозначения радиочастотного кабеля	14–52
14.P14. Пример маркообразования соединителя радиочастотного коаксиального	14–53
14.P15. Пропускная способность различных сред передачи.	14–54
14.P16. Зависимость затухания от частоты передаваемого сигнала для различных типов проводников.	14–54
14.P17. Типы оптических волокон	14–55
14.P18. Распространение света по разным типам волокон	14–56
14.P19. Ход лучей в многомодовом оптическом волокне со ступенчатым профилем	14–56
14.P20. Способы термирования волокон	14–57

Перечень схем

14.Cx1. Схема соединений внешних проводок щита ПЛК.	14–58
14.Cx2. Схема подключений внешних проводок щита ПЛК	14–61
14.Cx3. Схема подключения цепей управления и контроля электропривода задвижки.	14–67
14.Cx4. Виды обозначений проводников во внутренних проводках щитов/пультов.	14–69

Перечень таблиц

14.T1. Рекомендации по использованию методов выполнения схем соединений электрических проводок	14–70
14.T2. Группы и категории трубопроводов систем автоматизации в зависимости от заполняемой среды и рабочего давления	14–71
14.T3. Методы выполнения схем соединений проводок внутри щита	14–71
14.T4. Табличный метод схемы соединений	14–72
14.T5. Рекомендуемые виды зажимов для проводов различного сечения	14–73
14.T6. Виды маркеров кабелей и проводов	14–74
14.T7. Виды манжеток, держателей и хомутиков	14–75
14.T8. Ориентировочное (расчетное) сопротивление медных и алюминиевых жил проводов и кабелей различного диаметра и сечения при $t = 20^\circ\text{C}$	14–76
14.T9. Минимальные сечения проводников по ГОСТ Р 50571.15-97	14–77
14.T10. Британские и американские измерения для кабелей и проводов	14–78
14.T11. Определение резервных проводов и жил в кабелях электропроводок	14–78
14.T12. Жилы одножильных и многожильных кабелей различных классов	14–79
а) Стационарная прокладка	14–79
б) Нестационарная прокладка	14–80
в) Электрическое сопротивление 1 км круглой медной жилы при 20°C , Ом, не более	14–81
14.T13. Основные буквенные обозначения силовых кабелей	14–82
14.T14. Марки, материал, сечение и число жил и рекомендуемая область применения контрольных кабелей	14–83
14.T15. Параметры кабелей управления	14–87
14.T16. Наружные диаметры и массы проводов АПРТО, ПРТО по ГОСТ 20520-80.	14–88
14.T17. Наружные диаметры и массы проводов ПРН, ПРГН, АПРН по ГОСТ 20520-80.	14–89
14.T18. Наружные диаметры и массы проводов с поливинилхлоридной изоляцией на напряжение 380 В по ГОСТ 6323-79 (ориентировочные данные)	14–89

14.T19. Марки, элементы конструкции, число жил, номинальное сечение и области применения силовых и установочных проводов	14–90
14.T20. Категории медного кабеля с неэкранированной витой парой UTP по электрическим и физическим характеристикам	14–94
14.T21. Провода термоэлектродные по ГОСТ 24335–80	14–95
14.T22. Радиочастотные кабели рекомендуемые для использования в проектах АСУТП	14–97
14.T23. Стандарты оптических волокон и области их применения	14–99
14.T24. Компоненты волоконно-оптических линий связи. Обозначения графические в схемах АСУТП	14–100

14.1. ТЕРМИНЫ

В начале главы приведем пояснение термина «Схема соединений» по единой системе конструкторской документации ГОСТ 2.701-84 (п. 11 приложения 1):

Схема соединений (монтажная) – схема, показывающая соединения составных частей изделия (установки) и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.).

Схемами соединений (монтажными) пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии (установке), а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок)». В разделе 4 ГОСТа изложены «Правила выполнения схем соединений».

В ГОСТ 24.302-80 из «Системы технической документации на АСУ» п.п. 1.1 и 2.7 содержатся общие требования к «Схеме соединений внешних проводов».

В п. 4.10 РД 50-34.698-90 по системе стандартов «Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы» приведены требования к содержанию документов с решениями по «Схеме соединения внешних проводов».

В ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства» пункты 4.5.1.1–4.5.1.7 посвящены общим требованиям к «Схемам (таблицам) соединений внешних проводов». А пункты 4.5.2.1–4.5.2.9 излагают «Правила выполнения схем соединений внешних проводов».

В этом же ГОСТ 21.408-93 (п. 5.3.7) указано, что в раздел «Документация» эскизного чертежа общего вида щита/пульта включают таблицы соединений и подключения.

Схема подключения – схема, показывающая внешние подключения изделия. Схемами подключения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Сделаем выводы из изложенного.

Требования и правила выполнения схем соединения приведены в различных нормативно-технических документах.

В системах автоматизации технологических процессов и АСУТП следует различать:

- схемы соединений внешних проводов;
- схемы/таблицы соединений проводов внутри щитов и пультов.

Схемы/таблицы соединений (и подключений) для щитов и пультов иногда называют монтажными или монтажно-коммутационными схемами (МКС).

В данной главе рассматриваются два вида схем соединений:

- для внешних проводов;
- для щитов и пультов, как задание на проектно-конструкторскую разработку и изготовление нетипового изделия (щита, пульта).

Электрическая проводка – совокупность проводов, кабелей (силовых, контрольных, симметричных, радиочастотных, оптоволоконных и др.), защитных труб с относящимися к ним креплениями, опорными и несущими конструкциями, соединениями и присоединениями.

Внешние проводки включают в себя проводки, которые осуществляются волоконно-оптическими кабелями (ВОК).

ВОК – своеобразный вид кабельной продукции, в которой место электропроводящей жилы или проводника занимает жила, выполненная из специального оптического волокна.

ВОК требует специфичной прокладки и соединений по длине и специальных средств подключения волокон к техническим средствам автоматизации и вычислительной техники.

Схема соединений и подключения волоконно-оптических кабелей приведена в специальном разделе, посвященном выбору кабелей (раздел 14.5.15).

14.2. СХЕМА СОЕДИНЕНИЙ ВНЕШНИХ ПРОВОДОВ

Схема соединений разрабатывается в составе рабочей документации (рабочего проекта) АСУТП для всего технологического объекта управления или его части (участка, установки, агрегата и т. п.).

В наименовании схемы следует указывать наименование части технологического объекта.

На схеме соединений должны быть изображены технические средства:

– первичный прибор и исполнительный механизм, расположенный на или у технологического оборудования (первичный прибор изображается по таблице 12.Т2 с соответствующим цифро-буквенным обозначением по схеме автоматизации и спецификации оборудования);

– прибор местный, непосредственно не связанный с технологическим оборудованием (графическое обозначение по 12.Т2 и ГОСТ 21.404-85; цифро-буквенное обозначение по схеме автоматизации и спецификации оборудования);

– прибор местный, расположенный на единичном щите;

– соединительная коробка;

– протяжная коробка;

– щит/пульт управления, комплекс технических средств.

На схеме соединений, как правило, кабели, жгуты или группы проводов обрывают около мест присоединения к щитам, пультам или комплексному оборудованию, а подключение жил и проводов указывают на схеме подключения. В то же время рекомендуется приводить подключения электропроводок к средствам автоматизации, установленным непосредственно на технологическом оборудовании и коммуникациях, а также к одиночным местным приборам, соединительным коробкам, не выполняя для этих средств схем подключений. Такая схема является совмещенной или частично совмещенной схемой соединения и подключения.

Подключение электропроводок к щитам, пультам, многоклеммным соединительным коробкам, комплексам технических средств (так как изображение элементов подключения затрудняет чтение схемы соединений) рекомендуется приводить на самостоятельных схемах подключения.

Схема соединений внешних проводок может быть комбинированной, когда на одном документе изображают как электрические, так и трубные проводки. Схема соединений может быть разделена на схему соединений электрических проводок и

на схему соединений трубных проводок. Подобное разделение удобно при производстве монтажных и наладочных работ, так как прокладка и испытание электрических и трубных проводок имеет определенную специфику и выполняется в различное время, по различным условиям специалистами разной квалификации по СНиП 3.05.07–85 «Системы автоматизации».

Схема соединений внешних проводок выполняется на основании нескольких ранее разработанных и утвержденных в установленном порядке документов.

На схеме 6.Сх1 (Глава 6 «Организация выполнения рабочего проекта») в строке 8/07 указана схема С4.1 – вариант схемы соединений внешних проводок; стрелки показывают что схема С4.1 составляется на основании принципиальных схем СБ.1 (контроля, измерения, защиты, управления, питания и т. п.) и плана расположения оборудования и проводок С7.1.

В свою очередь, схемы СБ.1 и С7.1 разрабатываются на базе откорректированных документов утверждаемой части рабочего проекта:

- С1 – схема структуры КТС;
- С3 – схема автоматизации;
- С8 – план расположения КТС;
- В4.1 – предварительная спецификация оборудования АСУТП;
- СБ. К – схема/схемы компоновки контроллеров.

Схема соединений С4.1 (строка 9/01 схемы 6.Сх1) служит основанием для составления схемы подключений С5.1, для корректировки принципиальных схем СБ, для учета при разработке спецификации оборудования и материалов В4 (строка 9/10), для составления в случае необходимости кабельного журнала С6 (строка 9/05).

Из схемы 6.Сх1 видно, что при выполнении схемы соединений следует учитывать ряд решений по другим схемам, таблицам и спецификациям, которые разрабатываются одновременно и в тесной связи между собой.

Существуют следующие методы выполнения схем соединений электрических проводок:

- графический;
- комбинированный, при котором графический метод совмещен с табличным методом;
- упрощенный, когда изображается структура проводок, которая дополняется таблицей соединений внешних проводок;
- табличный для незначительного числа линий контроля, измерения и управления или для простой технологии соединений (например, подключение термометров сопротивления, термопары и т. п.).

Конкретные методы выполнения схем соединений внешних электропроводок и рекомендации по их использованию приведены в таблице 14.Т1.

На схеме соединений, выполненной графическим, упрощенным или комбинированным методом, для всех технических средств, схемы подключений которых выполнены отдельно, следует в обязательном порядке указать:

- наименование или обозначение технического средства;
- позиция по спецификации и функциональной схеме;
- № листа чертежа, на котором приведена схема подключения данного средства.

Если же техническое средство изображается со схемой подключения, то необходимо указать:

- изображение технического средства;
- вводные элементы (сальники, гермовводы и т. п.);
- входные (выходные элементы – контакты разъемов, клеммные зажимы и т. д.);
- обозначение или наименование технического средства;
- № чертежа (листа) установки средства.

14.2.1. Графический метод

Схему соединений внешних проводов выполняют без соблюдения масштаба с использованием графических обозначений приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85, обозначения приведены в таблицах 12.Т2, 12.Т5.

А. Схема соединений (без схемы подключений).

В случае когда на схеме, выполняемой графическим методом, не приводятся схемы подключения, которые разрабатываются в виде отдельного документа (метод 1.2 таблицы 14.Т1), средства автоматизации изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 21.404-85. Условные графические обозначения средств автоматизации должны соответствовать/повторять таковые, которые приведены на схеме автоматизации СЗ по разделу 12.4 «Пособия».

Местный прибор, установленный на единичном (местном) щите – на схеме автоматизации, обозначается по ИСО 3511 знаком \oplus или \ominus , а по ГОСТ 21.404-85 знаком \ominus или \oplus – на схеме соединений изображается по рисунку 14.Р4. В прямоугольнике указывается наименование щита, его обозначение по спецификации и № листа чертежа со схемой подключения.

Подобным образом изображается и обозначается соединительная коробка, комплекс технических средств, который устанавливается по месту (рисунок 14.Р3).

Составной щит/пульт управления и комплекс технических средств, устанавливаемые в щитовом помещении (операторской, диспетчерской), изображаются в соответствии с рисунком 14.Р2 в нижней/верхней части листа чертежа с указанием подводящих линий соединения сверху/снизу соответственно.

Щиты, пульта, комплексы технических средств и прочее изображают в виде прямоугольников с указанием (слева направо) (рисунок 14.Р2):

- наименование щита, пульта, комплекса;
- номер отдельной панели, секции, шкафа;
- обозначение таблиц соединения и подключения комплекса технических средств или эскизного чертежа общего вида щита, пульта.

Б. Схема соединений совмещена со схемой подключений.

Совмещенным графическим методом следует показывать схемы подключения электрических проводов к средствам автоматизации, установленным непосредственно на технологическом оборудовании и трубопроводах или установленным вне щита по месту (п. 4.5.1.3 ГОСТ 21.408-93). Указанные средства изображают упрощенно внешними очертаниями или в виде прямоугольника (п. 4.5.1.5 ГОСТ 21.408-93).

Средства автоматизации, установленные по месту, дополняются поясняющей таблицей – таблицей данных, строки которой имеют наименования (по направлению от средства автоматизации) (рисунок 14.Р1):

- позиция (указывается по спецификации В4.1 и схеме автоматизации С3);
- обозначение чертежа установки (монтажного чертежа средства автоматизации);
- категория трубной проводки (в случае необходимости при совмещении схем соединений электрических и трубных проводок) (категория приведена в таблице 14.Т2);
- наименование параметра и место отбора импульса (по схеме автоматизации С3).

Местный прибор и соединительная коробка изображаются и обозначаются по рисунку 14.Р3.

Прибор, установленный на местном щите, секция щита/пульта, комплекс технических средств изображается прямоугольником по рисунку 14.Р4.

Во всех случаях внутри прямоугольника изображают клеммы и зажимы входа/выхода, к которым подключаются провода соединений.

По периметру прямоугольника изображают вводные элементы технического средства (гермовводы, сальники и т. п.).

Протяжная коробка изображается таким образом, как указано на рисунке 14.Р5. Подключение проводов и кабелей к техническим средствам показывается в соответствии с разделом 14.4.1 «Пособия».

Способы изображения технических средств на схеме соединений приводятся на рисунках 14.Р1–14.Р5 в соответствии с таблицей 14.Т3.

Между таблицей данных и прямоугольниками щитов, пультов, комплексов располагают:

- изображения соединительных и протяжных коробок, внешнетовых приборов, групповых установок приборов, единичных щитов и пультов;
- линии, изображающие внешние электрические (и трубные) проводки;
- изображения элементов трубных проводок (при совмещенной схеме соединений);
- обозначения, изображающие защитные элементы заземления по рисунку 14.Р6.

Технические указания (или пояснения) размещаются над основной надписью на первом листе схемы соединений и содержат (п. 4.5.2.7 ГОСТ 21.408-93):

- обозначения спецификаций средств автоматизации, вычислительной техники, на основании которых указаны позиции в таблице данных;
- пояснения (в случае необходимости) по нумерации и маркировке трубопроводов, проводов, кабелей, кабельных конструкций;
- пояснения по применению схемы;
- указания по защитному заземлению электрических (и трубных) проводок;
- вновь примененные условные графические обозначения.

Схема соединений внешних проводок содержит **перечень элементов** по ГОСТ 2.701-84, в который должны быть включены (п. 4.5.2.8 ГОСТ 21.408-93):

- соединительные и протяжные коробки;
- кабели, провода;

- защитные трубы;
- импульсные, командные, питающие и др. трубы;
- запорная арматура;
- материалы для защитного заземления оборудования и проводов.

В перечень элементов **не включают** короба, перфорированные лотки и т. п., элементы кабельных конструкций. Последние предусматриваются в документе С8 – план расположения КТС.

Перечень элементов составляют в определенной последовательности:

- кабель;
- провод;
- трубопровод;
- коробка соединительная, протяжная, электрофитинг и т. д.;
- запорная арматура;
- материалы и узлы для устройств заземления.

Перечень элементов располагают на первом листе схемы соединений над техническими условиями или основной надписью.

Каждая проводка выполняется на схеме соединений отдельной сплошной линией, проводка в коробе – двумя параллельными тонкими линиями на расстоянии 3–4 мм друг от друга.

Электропроводам (кабелям, проводам и защитным трубам) и трубным проводам присваивают порядковые номера, которые помещают в окружностях, помещаемых в разрыве линий.

Порядковые номера кабелей, защитных труб выполняют арабскими цифрами (1, 2, ..., 105, ...), к номеру короба добавляют букву К (1К, 2К, ...), номер трубной проводки (в том числе пневмокабеля) начинается с цифры 0 (01, 02, 03, ...), номер жилы кабеля или провода, которая используется в качестве защитного проводника, должен иметь добавление буквы N (17N, 21N, ...) (п.п. 4.5.2.4, 4.5.2.5, 4.5.2.6 ГОСТ 21.408–93).

Номера кабелей, проводов, труб, которые соединяют панели многопанельного щита, выполняют заглавными буквами А, Б, В, ... и т. д.

Над каждой линией, которая изображает проводку, приводится техническая характеристика электропроводки:

- тип (марка) проводки (КВВГ, ПР2);
- число жил, их сечение (14 × 1,5; ...);
- число рабочих жил (указывается в прямоугольнике);
- длина кабеля или провода;
- тип и диаметр защитной трубы (Л–Ц–40);
- длина защитной трубы.

14.2.2. Табличный метод

Табличный метод выполнения схем соединений внешних проводов применяют в случае несложной топологии кабельных трасс и при значительном числе кабельных линий (метод 4.2 таблицы 14.Т1) с одновременным выполнением схем подключений, а также в случае крайне малого числа линий контроля, измерения, управления (метод 4.1).

Табличный метод предполагает составление таблицы соединений внешних проводов по форме, приведенной на рисунке 14.Р7.

Форма таблицы соответствует рекомендациям п. 4.5.4.1 ГОСТ 21.408-93, который называет ее «таблицей соединений внешних проводов». Указанная форма более известна под названием «Кабельный журнал», который в настоящее время употреблять не рекомендуется.

В таблице на первом листе помещают технические указания (пояснения) и перечень элементов, которые выполняют таким же образом, как это изложено в разделе 14.2.1.

Таблица выполняется на листах формата А3. В таблицу сначала записывают электрические проводки, далее с нового листа оптоволоконные проводки, трубные проводки при совмещенной схеме соединений.

Соединения внешних проводов записывают по возрастанию их номеров.

Графы таблицы соединений заполняют следующим образом:

– графа «Кабель, жгут, труба» – номер проводки (порядковые номера проводов назначают так, как изложено в разделе 14.2.1);

– графа «Направление» – позиция по спецификации или обозначение технических средств АСУТП, от которых («Откуда») и к которым («Куда») направлена данная соединительная проводка.

(Условно принимается, что направление соединительной проводки начинается от первичных приборов, непосредственно расположенных на технологическом оборудовании и трубопроводах в сторону внешитовых приборов, соединительных и протяжных коробок, и заканчивается на щитах, пультах, комплексах технических средств. Протяжные коробки, через которые проходит жгут проводов электропроводки, обозначаются в скобках в графе «Куда»).

– графа «Направление по чертежам расположения» – заполняется при выполнении чертежа расположения оборудования и проводов С8 адресным методом по п. 4.6.12 ГОСТ 21.408-93;

– графы «Марка, число жил, сечение», «Длина» – соответствующие технические данные кабелей и проводов, проектную длину, при этом графа «Длина фактическая» не заполняется;

– графы «Марка, диаметр», «Длина трубы» – соответствующие данные (марка, диаметр и толщина стенки) трубы и длина; для оптокабеля и пневмокабеля также количество волокон или пневмотрубок;

– графа «Измерительная цепь» – проставляется знак «+» для измерительных цепей (п. 4.5.4.2 ГОСТ 21.408-93); **рекомендуем ставить знак «+» также для аналоговых цепей управления;**

– графа «Чертеж установки» – обозначение чертежей установки средств автоматизации, указанных в графе «Откуда».

14.2.3. Упрощенный метод

Упрощенный метод выполнения схем соединений внешних проводов используется (метод 3.2 таблицы 14.Т1) для сложных соединений электропроводок в АСУТП, когда применяют многожильные магистральные кабели. Внешние проводки отражают их структуру, схема обязательно дополняется таблицей соединений внешних проводов, в которой приводятся необходимые технические данные.

При упрощенном методе первичные средства автоматизации показываются условными обозначениями в соответствии со схемой автоматизации СЗ, другие технические средства – прямоугольниками.

Линии связи вне зависимости от числа проводок – кабелей, труб, проводов и др. изображаются одной сплошной линией, над которой указываются номера проводок. Можно рекомендовать под линией связи указывать длину проводок между средствами автоматизации.

При упрощенном методе выполнения схем соединений 14.Сх3 необходимо разрабатывать схему подключения внешних проводок по разделу 14.4.1. Схема соединений содержит технические указания (пояснения) и перечень элементов (смотри п. 14.2.1).

14.2.4. Комбинированный метод

Допускается схему соединений внешних проводок выполнять комбинированно. При этом упрощенным методом показывается структура проводок между щитами, пультами, комплексами, которая дополняется схемой подключения проводок. Проводки от щитов, пультов, комплексов к первичным средствам автоматизации с указанием подключения к ним изображаются графическим методом.

На первом листе схемы, выполненной комбинированным методом, приводятся технические указания (пояснения) и перечень элементов.

14.3. СХЕМА СОЕДИНЕНИЙ ПРОВОДОВ ВНУТРИ ЩИТА

Схема соединений проводок внутри щита разрабатывается с целью изготовления по ним щита силами специализированных предприятий. Схема соединений совместно со схемой подключения или со схемой соединений внешних проводок, спроектированной для данного щита, используется при монтаже технических средств АСУТП, их наладке и эксплуатации.

Схема соединений проводок внутри щита включает электрические и трубные проводки, т. е. отдельные схемы соединений электропроводок и трубных проводок для щита/пульта не разрабатываются.

Как отмечено в разделе 14.1, в документацию эскизного чертежа общего вида щита/пульта необходимо включать таблицы соединений и подключений данного щита/пульта.

Правила выполнения эскизного чертежа общего вида щита/пульта поясняются в главе 17 «Пособия».

В данной главе отметим, что в общем случае «документация» эскизного чертежа входит составной частью в спецификацию щита/пульта, которая, в свою очередь, входит в состав чертежа щита/пульта, наряду с другими материалами:

- вид спереди;
- вид на внутренние плоскости;
- фрагменты видов;
- таблица надписей.

В объем документов на щит входит неотъемлемой частью схема/таблица соединений проводок внутри щита.

Схема соединений проводок внутри щита может составляться тремя основными методами:

- графическим;
- адресным или встречным;
- табличным.

Схемы соединений для щита/пульта могут быть либо только для электрических проводок, либо только для трубных проводок, либо смешанной для электрической и трубной проводок.

При этом схема соединений электрических проводок может выполняться любым методом, а схема соединений трубных проводок – только графическим методом.

В трубных проводках трубы изображаются утолщенными прерывистыми линиями с указанием на них соединительных частей и арматуры. Трубы из различных материалов (сталь, медь, пластмасса) изображаются различными штриховыми линиями (с одной точкой, с двумя точками и т. п.). Условные обозначения трубопроводов и их обустройства применяются по ГОСТ 2.784-70 и ГОСТ 2.785-70.

В таблице 14.Т3 указаны методы выполнения схем соединений проводок внутри щита/пульта и необходимость в показе и обозначении средств автоматизации, сборок зажимов, цепей, условных линий цепей проводок.

Технические указания (или пояснения) размещаются над основной надписью на первом листе схемы соединений проводок внутри щита и содержат:

- обозначения спецификаций средств автоматизации, вычислительной техники, на основании которых указаны обозначения средств, размещенных на внутренних плоскостях щита/пульта;
- пояснения (в случае необходимости) по обозначению проводов, кабелей, трубопроводов, опто- и пневмокабелей;
- пояснения по применению схемы.

В некоторых случаях по договоренности с предприятием-изготовителем щита/пульта вместо указанных выше материалов предприятию передаются материалы, необходимые последнему для изготовления щита/пульта.

В состав таких материалов, как правило, входят:

- вид щита спереди;
- таблица надписей;
- ведомость (перечень или спецификация) приборов, аппаратуры, трубопроводной арматуры, которые размещаются в щите/пульте;
- принципиальная электрическая (гидравлическая и др.) схема, в том числе питания;
- схема подключений внешних проводок;
- другие материалы по просьбе изготовителя щита/пульта.

Предприятие-изготовитель щита/пульта на основании перечисленных материалов самостоятельно разрабатывает документы, необходимые для изготовления щита/пульта. В дальнейшем эти документы, которые включают в «паспорт щита», служат для производства по ним монтажно-наладочных работ и осуществления эксплуатации щита/пульта в АСУТП.

14.3.1. Графический метод

Схема соединений проводок внутри щита разрабатывается с использованием вида на внутренние плоскости с изображением условных монтажных символов средств автоматизации и вспомогательных устройств, установленных на плоскостях щита.

На схеме условными линиями показывается вся соединительная проводка (одиночная или объединенная в пакет/жгут).

Условные монтажные символы должны соответствовать соотношению сторон (высота–ширина) или диаметру средства автоматизации (с монтажной стороны) с размерами (высота–ширина) щита. Колодки зажимов, клеммные выводы для электропроводок или присоединительные устройства для оптоволоконных и трубных линий средств автоматизации (и средств вычислительной техники) изображаются так, как они представляются, если на средство автоматизации смотреть со стороны монтажа (с внутренней стороны щита).

Маркировка зажимов или присоединительных устройств на монтажных символах должна соответствовать заводской маркировке или устанавливается проектантом в процессе выполнения принципиальных схем и схем соединений.

Контакты и зажимы обозначаются арабскими цифрами двухзначными порядковыми номерами по горизонтальным рядам – слева направо, по вертикали – сверху вниз.

Обмотки релейных аппаратов обозначаются слева направо (сверху – вниз) буквами латинского алфавита: а, в, с, d и т. д.

Сборки зажимов обозначаются ХТ1, ХТ2, ..., ХТ7, ..., а зажимы – ХТ1.1, ХТ1.2, ..., ХТ7.5, ХТ7.6 и т. д.

Маркировка (обозначение) соединительных проводов предусматривается потенциальная, при которой все цепи, имеющие одинаковый потенциал, т. е. цепи, сходящиеся в одном узле электрической схемы, имеют одинаковое обозначение/маркировку (обозначение «а» на схеме 14.Сх4).

Обозначение начала и конца цепей и проводов на схеме соединений **обязательно соответствует потенциальному** обозначению/маркировке, принятой на принципиальной электрической схеме по 13.4.7 «Пособия», на основании которой разрабатывается данная схема.

В необходимых случаях на схеме соединений в контуре монтажного символа средства автоматизации приводится схема внутренних соединений электроаппаратуры; можно внутреннюю схему выносить на свободное поле чертежа, если изобразить ее в контуре монтажного символа затруднительно.

Не обозначаются концы проводов перемычек в пределах одного средства автоматизации или вычислительной техники, между сигнальными и управляющими аппаратами, расположенными рядом, между предохранителями и выключателями, расположенными вблизи друг от друга, между коммутационными зажимами в пределах одной сборки зажимов и т. п.

На схеме соединений показывается переход электрических, оптических и трубных проводок внутри щита/пульта к внешним линиям. На условных изображениях внешних линий в кружках указываются номера кабелей, проводов и труб в соответствии со схемой соединений внешних проводок. Указанный переход можно привести на схеме подключений внешних проводок к данному щиту/пульту.

14.3.2. Адресный или встречный метод

Так же, как при графическом методе, схема соединений проводов внутри щита, разрабатываемая адресным (или встречным) методом, использует вид на внутренние плоскости щита с изображением условных монтажных символов средств автоматизации, вычислительной техники и вспомогательных устройств, которые установлены на плоскостях щита. Соединительная проводка на схеме не показывается, чтобы не загромождать чертеж лишними линиями. Вместо этого на небольшом отрезке линии около каждого ввода-вывода указывается марка. Обозначение того аппарата и зажима (ввода-вывода), к которому присоединяется противоположный конец данного провода, производится в соответствии с принципиальной электрической схемой (раздел 13.4.7 «Пособия»). Вид обозначения «б2» на схеме 14.Сх4.

Подобная маркировка упрощает проверку схемы соединения по принципиальной электрической схеме в период приемки щита и его эксплуатации.

Разумеется, что при адресном (встречном) методе разработки схемы соединения, все основные и вспомогательные аппараты, элементы и зажимы щита должны быть обозначены. Желательно, чтобы обозначения контактов соответствовали обозначениям заводского паспорта/инструкции по монтажу и эксплуатации средства автоматизации и вычислительной техники.

При отсутствии заводского обозначения его осуществляют при разработке электрической схемы для каждого средства, примененного в схеме таким образом, как рекомендовано в п. 14.3.1.

На схеме соединений, выполненной адресным методом, можно показывать основные направления жгутов или пакетов монтажных проводов. Особенно такое изображение желательно выполнять при наличии в электропроводке щита измерительных низковольтных цепей и цепей переменного тока 220 В.

В то же время трубные проводки на схеме соединений показываются графическим методом.

В отдельных случаях возможно использование вариантов адресного метода в маркировке проводов. В одном из вариантов каждое окончание провода имеет обозначения как адреса данного конца, так и адреса противоположного конца провода: XT3:3–SF2:1 или SF2:1–R11:1; тогда противоположные концы проводов будут иметь обозначения (соответственно): SF2:1–XT3:3 или R11:1–SF2:1 (обозначение «б3» схемы 14.Сх4).

В другом варианте кроме указанной маркировки приводится маркировка потенциальная (обозначение «в» схемы 14.Сх4).

802: XT3:3–SF2:1 или 805: SF2:1– R11:1;

802: SF2:1– XT3:3 или 805: R11:1 SF2:1;

Иной вариант: 802/ SF2:1 или 805/ R11:1;

802/ SF2:1 или 805/ R11:1.

14.3.3. Табличный метод

Все средства автоматизации, вычислительной техники и сборки зажимов изображаются и обозначаются на чертеже общего вида щита. Контакты изображенных средств и зажимов также должны иметь обозначения.

В этом табличный метод не имеет отличий от графического или адресного метода.

При табличном методе выполнения схемы соединений составляется таблица, в которой по определенной форме указываются (таблица 14.Т4):

– номер электрической цепи, который соответствует потенциальной маркировке цепи по принципиальной электрической схеме (номера указываются в таблице по порядку возрастания номеров цепей);

– последовательное перечисление обозначений средств автоматизации, вычислительной техники и другие с указанием обозначений их контактов, к которым подсоединяются электрические цепи.

Обозначение всех цепей, средств автоматизации и вычислительной техники и др., их контактов (вводов-выводов) должно **полностью соответствовать** обозначениям, присвоенным им на принципиальных электрических схемах.

Обозначение каждого контакта, зажима, ввода-вывода указывается в таблице следующим образом:

$$\frac{SF2}{1}; \quad \frac{SF2}{2}; \quad \frac{XT3}{3}; \quad \frac{XT3}{5}.$$

При этом в числителе приводится обозначение средства автоматизации, вычислительной техники и др., а в знаменателе – обозначение зажима указанного средства.

Табличный метод выполнения схем внутренних соединений наиболее удобен при составлении схем для щитов и пультов с большим количеством слаботочного оборудования со сложной коммутацией.

14.3.4. Пояснения к схеме соединений

Разработка схемы соединений проводок щита/пульта сопровождается составлением некоторых проектных материалов, которые входят составной частью в спецификацию щита по п. 5.3.7 ГОСТ 21.408-93:

- перечень «стандартные изделия»;
- перечень «прочие изделия»;
- перечень «материалы».

В раздел «Щитовые конструкции» перечня «стандартные изделия» включаются с указанием размеров основные конструкции щита/пульта:

- рама опорная;
- каркас;
- панель;
- дверь;
- стенка;
- крышка;
- рама поворотная;
- рама неподвижная;
- другие конструкции щита/пульта.

Перечень «прочие изделия» составляется по разделам:

- приборы;
- электроаппараты;
- трубопроводная арматура;

- изделия для электромонтажа;
- изделия для монтажа трубных проводок;
- изделия для нанесения надписей.

В раздел «Приборы» включают все средства автоматизации и вычислительной техники, которые показаны на чертеже «вид на внутренние плоскости» с указанием их обозначения.

Рекомендуется раздел «Приборы» расчленить на подразделы: «Средства автоматизации», «Средства вычислительной техники», «Средства информационных технологий» и т. п.

Раздел «Электроаппараты» должен содержать технические данные всей электроаппаратуры, устанавливаемой в щите/пульте.

В раздел включают данные по пускорегулирующей аппаратуре, источникам питания, автоматическим выключателям, предохранителям, реле, преобразователям напряжения, трансформаторам, устройствам защиты от перенапряжений, разделителям и т. п.

Раздел «Трубопроводная арматура» должен содержать технические данные на вентили, краны, клапаны, редукторы, фильтры и т. п.

В раздел «Изделия для электромонтажа» записывают основные изделия, необходимые для монтажа всех электрических проводок: блоки зажимов, зажимы, скобы, лотки, коробка, наконечники, манжетки, маркировочные бирки, втулки, разъемы и т. п.

Раздел «Изделия для монтажа трубных проводок» составляется на основании схемы трубных проводок в щите и включает соединительные гайки, различные соединители, ниппели и др.

Учитывая обстоятельство, что предприятия-изготовители щитов/пультов, как правило, располагают ограниченным сортаментом изделий для монтажа трубных проводок, допускается не полное заполнение данного раздела с указанием об этом в примечании.

Раздел «Изделия для нанесения надписей» включается в перечень «прочие изделия» в случае, если у проектировщика имеются особые требования к виду маркировки проводов, кабелей, труб, средств автоматизации и электроаппаратуры.

Перечень «материалы» составляется для электрических проводок и трубных проводок в виде отдельных разделов.

В перечень включаются:

- провод монтажный;
- провод монтажный гибкий (для подключения аппаратов на подвижных частях щита – дверь, рама);
- провод (кабель) экранированный;
- провод иного вида;
- провод заземления;
- труба медная;
- труба стальная;
- труба пластмассовая;
- пневмокабель;
- труба и металлорукав защитный.

При разработке схемы соединений внутренних проводок следует иметь в виду, что отдельные электрические цепи подключаются непосредственно к средствам автоматизации и вычислительной техники, например, компенсационные провода от терморпар.

При разработке схемы соединений проводок внутри щита/пульта необходимо предусматривать раздельную прокладку низковольтных цепей напряжением до 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока и цепей более высокого напряжения, измерительных цепей, цепей контроля и управления. На клеммниках указанные цепи следует отделять от других цепей.

На схеме необходимо указать места (узлы, клеммы, рейку) заземления и провода заземления, соединяющие узел заземления со средствами автоматизации и вычислительной техники, со вспомогательной аппаратурой, которые требуют заземления. Медные провода заземления должны быть сечением не менее 1,5 мм².

14.4. СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЙ

Раздел 5 «Правила выполнения схем подключений» ГОСТ 2.701-84 определяет общие правила выполнения указанных схем.

Требования к выполнению схем подключения приведены в 2.8 ГОСТ 24.302-80 из «Системы технической документации на АСУ».

В п.п. 4.11 и 4.12 РД 50-34.698-90 по системе стандартов «Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы» приведены требования к содержанию документов «схема подключения внешних проводок» и «таблица подключений».

В ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства» пункты 4.5.1–4.5.1.7 посвящены общим требованиям к «Схемам (таблицам) соединений и подключения внешних проводок»; пункты 4.5.3.1, 4.5.3.2, 4.5.4.3, 4.5.4.4 дополняют общие требования конкретными требованиями к «схемам (таблицам) подключения».

Схема (таблица) подключений разрабатывается в составе рабочей документации (рабочего проекта) АСУТП для технологического объекта управления в целом или его части, строительно-монтажные работы для которой осуществляются независимо от работ по другим частям объекта управления.

В наименовании схемы следует указывать наименование части технологического объекта.

Схема/таблица подключения С5 разрабатывается как один из основных проектных материалов рабочего проекта (рабочей документации). Схема С5 разрабатывается параллельно с разработкой схемы соединений С4, схемы расположения С7, общего вида щита ВО и принципиальной электрической схемы СБ (строки 9/01 – 9/16 схемы 6.Сх1).

Схема/таблица подключения может выполняться методами:

- графическим (схема подключения);
- табличным (таблица подключения).

Графический метод является более наглядным при выполнении монтажных работ на объекте. Табличный метод – менее трудоемок при разработке схемы подключения.

При сложных электрических соединениях с большим числом подключаемых элементов к вводным зажимам щитов, пультов, комплексов графический метод выполнения схемы подключения является предпочтительным.

14.4.1. Схема подключения внешних электрических проводов

На схеме подключения должны быть изображены технические средства с устройствами ввода и подключения проводов и подключенные к устройствам проводки:

- первичный прибор и исполнительный механизм (со сложной схемой подключения) расположенный на, или у, или около технологического оборудования с соответствующим цифробуквенным обозначением по схеме автоматизации, спецификации оборудования и схеме соединений;
- прибор местный, расположенный на одиночном щите;
- соединительная коробка;
- щит и пульт управления;
- комплекс технических средств.

На схеме подключений не следует повторять элементы подключения тех технических средств, которые приводятся на схеме соединений. На первом листе схемы (таблицы) подключений в технических требованиях указывают те технические средства, подключение к которым приведены на схеме соединений технологического объекта управления или его части.

Подключение электрических проводов к клеммам, зажимам щитов, пультов, комплексов, коробок изображают в прямоугольнике с указанием подключенных жил, проводов с соответствующими обозначениями. В прямоугольнике показывают наименование технического средства (щита, пульта и т. д.).

В местах ввода кабелей изображают сальники, гермовводы по ГОСТ 2.702-75.

Графическая схема подключения электропроводок приведена на схеме 14.Сх2.

В прямоугольнике с наименованием щита (или другого технического средства) изображены клеммные зажимы с обозначением блока зажимов, отдельных клемм. К изображенным клеммным зажимам указывают подключение жил кабелей, проводов с их обозначением в соответствии с принципиальной электрической схемой. Жилы кабелей объединяются в отрезок линии, изображающей кабель, с указанием в кружке его обозначения в соответствии со схемой соединений.

Отрезки линий кабелей, противоположные подключению к зажимам/клеммам, заканчивают фигурной скобкой со ссылкой на обозначение и № листа схемы соединений.

14.4.2. Таблица подключения электрических проводов

Таблица подключений внешних электропроводок содержит технические требования, которые имеют ссылку на принципиальную электрическую схему, схему соединений и пояснения по применимости схемы.

Таблица подключений выполняется на листах формата А4 по форме 14.Р8.

Таблица подключений составляется с разбивкой по техническим средствам (щитам, пультам, коробкам) в рекомендуемой последовательности:

- центральный щит (щиты, секции);
- вспомогательный щит, расположенный в помещении оператора, диспетчера (щит питания, кроссовый щит и т. п.);
- щит контроллера;
- щит местный;
- групповая установка средств автоматизации;
- прибор местный внешитовой;
- прибор, установленный на технологическом оборудовании или трубопроводе.

Каждое техническое средство имеет наименование, которое выносится в заголовок соответствующей части общей таблицы подключений.

В общую таблицу не включают таблицы подключения тех технических средств, подключения которых изображены на схеме соединений, или на схеме подключений, выполненной графическим методом. В заголовке такого техсредства указывают обозначение и № листа схемы соединений или схемы подключений.

Между записями таблиц подключений различных технических средств допускается оставлять свободные строки.

В графах таблицы подключения указывают следующие данные:

- в графе «кабель, жгут» – номер кабеля, жгута проводов, провода, которые подключаются к техническому средству, указанному в заголовке.

При подключении внешних проводок к соединительным коробкам и к шкафным щитам под номером кабеля в скобках указывают номер сальника в соответствии с чертежом общего вида щита;

- в графе «проводник» – обозначение жил кабелей, проводов, труб. Если два проводника подключают к одному выводу (зажиму), рядом с обозначением проводника проставляют знак *;

– в графе «вывод» – обозначение блока зажимов и номер зажима, т. е. место подключения жил кабеля в данном средстве. При наличии на щитах приборов, проводки к которым не допускают разрыва на зажимах щита (компенсационных, коаксиальных и других специальных проводов и кабелей), в графе «вывод» указывают позицию прибора по схеме автоматизации, номер клеммника, обозначение контакта;

- в графе «адрес связи» – наименование или обозначение средства автоматизации, к которому направляется кабель, жгут проводов, провод. Для перемычек, выполняемых на блоке зажимов, указывают сокращенное обозначение «П».

Графы «проводник» и «вывод» в таблице повторяются дважды, в целях более рационального размещения текста, для электрических кабелей, жгутов проводов, идущих в одном направлении и имеющих одинаковый адрес связи. Запись входящих в них жил осуществляют последовательно в левых и правых графах таблицы подключений.

14.4.3. Соединения и присоединения

При выборе типа проводов и кабелей следует учитывать способы их соединения и присоединения. В зависимости от сечения жил проводов и кабелей установлены определенные требования к присоединению проводников к приборам, аппаратам,

зажимам, а также к соединению проводников между собой, в случаях, если длина трассы, например, превышает их строительную длину.

От качества выполнения указанных соединений зависит надежность электрических проводок и их пожарная безопасность.

Присоединение медных проводников сечением до $0,75 \text{ мм}^2$ включительно к аппаратам, приборам и рядам зажимов должно производиться пайкой; допускается также присоединение проводников сечением до $0,75 \text{ мм}^2$ под зажимы (винтовые, болтовые и т. п.) при условии оконцевания их наконечниками.

Проводники сечением 1 мм^2 могут присоединяться под зажимы без наконечников; допускается при необходимости присоединение этих проводников пайкой.

Присоединение проводников сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и более производится зажимами (винтовыми, болтовыми и т. п.).

Присоединение алюминиевых жил проводов и кабелей сечением $2,5 \text{ мм}^2$ и более к приборам и средствам автоматизации производится только под зажимы, специально предназначенные для непосредственного присоединения к ним алюминиевых проводников соответствующих сечений, с соблюдением требований монтажных инструкций на выполнение соединений алюминиевых проводников.

Медные и алюминиевые однопроволочные проводники сечением 16 мм^2 и более и многопроволочные проводники сечением 4 мм^2 и более для присоединения к аппаратуре и средствам автоматизации оконцовываются наконечниками; при этом концы многопроволочных проводников должны быть пропаяны и опрессованы.

Не рекомендуется присоединять под один зажим более одного проводника. В случаях необходимости допускается присоединение двух проводников, если это позволяет конструкция зажима.

Присоединение проводов и кабелей к приборам и средствам автоматизации, имеющим штепсельные разъемы, выполняется посредством гибких медных проводов или кабелей, прокладываемых от специально устанавливаемых соединительных коробок до приборов и средств автоматизации.

Соединения жил проводов и кабелей между собой производятся опрессовкой, сваркой, пайкой или скруткой. Электрическое сопротивление такого соединения не изменяется со временем.

Указанные способы соединения проводников хотя и дают хорошие результаты, но являются трудоемкими. Для ускорения электромонтажных работ внедрены способы механического соединения проводов — опрессовка и соединение их с помощью зажимов, нашедшее в настоящее время широкое применение.

В практике присоединения и соединения проводников используются несколько способов зажима проводника в клемме (рисунок 14.Р9):

- винтовой;
- болтовой;
- пружинный;
- пайки;
- намоткой;
- термипойнт;
- ножевой;
- с прорезкой изоляции.

Винтовой зажим оптимально объединяет свойства меди/алюминия и стали. Зажимная клетка и винт выполнены из электротехнической закаленной стали, что позволяет создать усиленный прижим проводника к токонесущей шине (медь, латунь), обладающий вибро- и удароустойчивым надежным герметичным соединением.

Болт при вращении перемещает гайку, которая прижимает проводник к токоведущей шине.

Пружинные клеммы по принципу действия аналогичны винтовым зажимам. Пружина (а не винт) из специальной стали обеспечивает необходимое усилие прижима проводника к токоведущей шине.

Пайка часто используется для присоединения проводов сечением до $2,5 \text{ мм}^2$ к выводам клеммы или ламелям средств автоматизации. Пайка – трудоемкий и строго технологический процесс, который гарантирует хорошее электрическое соединение.

Намотка (способ Wire-Wrap® – товарный знак фирмы Gardner Denver) – это не паяное соединение с помощью электрического пистолета одножильного проводника сечением до $0,5 \text{ мм}^2$ со шрифтом или выводом квадратного или прямоугольного сечения ($0,6 \times 0,6$; $0,6 \times 0,9$; 1×1 ; $0,8 \times 1,6$; $0,8 \times 2,4 \text{ мм}^2$).

Соединение типа Termipoint® (товарный знак фирмы AMP) – не паяное электрическое соединение многопроволочного или однопроволочного провода сечением до $0,5 \text{ мм}^2$ с контактным лепестком (штифтом) с помощью пневматического пистолета. Лепесток надевается на вывод клеммы.

Ножевые контакты представляют собой нормированное соединение, при котором провод с ранее обжатым на нем штекером вставляется в ножевой контакт клеммы. Такой контакт не должен подвергаться частому соединению – разъединению.

Система подключения с прорезкой изоляции IDC (Insulation Displacement Connection) представляет собой способ подключения медных проводов без снятия изоляции или обжима наконечников.

Пружина из нержавеющей стали прижимает провод с прорезанной при подключении изоляцией к токопроводящей шине, гарантируя низкое переходное сопротивление и вибростойкость соединения.

Представленные способы зажима проводника (жилы) в клемме непрерывно совершенствуются фирмами-поставщиками кабельно-проводных аксессуаров. Выбор клемм клеммников зависит от проектировщика системы; на практике при проведении монтажных работ возможна замена одних типов клемм на другие. Клеммное подключение к средствам автоматизации и вычислительной техники определяется техническими данными на эти средства. Рекомендуемые виды зажимов для проводов сечения приведены в таблице 14.Т5.

При проектировании необходимо определить способы подключения проводов и кабелей и выбрать вид оконцевания жил (рисунок 14.Р10). Наиболее часто встречающийся вид оконцевания – штырь. При его применении кроме снятия изоляции с конца жилы и его зачистки от остатков изоляции и от окислов, что выполняется с помощью специальных клещей или поворотных ножей, дополнительные операции и материалы не нужны.

При подсоединении типа «пайка» или использовании наконечников, предварительно подсоединенных к штырю, штырь требуется облудить (нанести полуду).

После снятия изоляции с жилы (проводника) необходимо заделать срез изоляции (особенно важно это осуществить для резиновой, бумажной или двойной пластмассовой изоляции).

На подготовленный штырь и часть изоляции, прилегающей к металлической жиле, надевают специальный оконцеватель; виды оконцевателей: ОИ, ОП, поливинилхлоридная муфточная, маркировочная манжетка ММ показаны на рисунке 14.Р10.

Другие оконцевания жил, кроме оконцевания «штырь», требуют проведения дополнительных монтажных работ, применение монтажных изделий (пистон, наконечник и др.), специального инструмента (круглогубцы, паяльник, пистолет и т. п.).

В случае если конструкция ввода/вывода аппаратуры требует иного способа присоединения жил проводов или кабелей, следует применить тот способ присоединения, который указан в ТУ или стандартах на эту аппаратуру.

Присоединение жил к средствам автоматизации и ВТ, имеющих вводы/выводы в виде штепсельных разъемов, необходимо выполнять с помощью многопроволочных гибких медных проводов или кабелей, прокладываемых от сборки зажимов или соединительной коробки до разъемов указанных средств.

Соединение проводников (многожильных проводов и кабелей) между собой производится пайкой, опрессовкой, сваркой или зажимами, причем ответвления от места соединения рекомендуется выполнять через клеммы зажимов.

В зависимости от выбранного способа подключения проводов и кабелей, их соединения между собой (пайкой, опрессовкой, через зажимы соединительной коробки или шкафа и др.) проектировщик составляет ведомость используемых наконечников, ножей, лепестков и т. п.

14.4.4. Маркировка проводников, проводов и кабелей

Маркировка проводников (жил), проводов, кабелей, защитных труб, коробов и др. служит для быстрой и точной идентификации в любое время соответствующих электрических (и трубных) проводов.

Увеличение сложности АСУТП и СА предъявляет требования к системе обозначений элементов СА и ВТ, которая должна содержать больше информации. Последняя, в свою очередь, должна быть четко указана и проста в применении.

Традиционный метод маркировки

В России по техническим условиям выпускаются и применяются маркировочные манжетки ММ и оконцеватели ОИ, ОП и муфточки, на которые чернилами, фломастером и т. п. наносится маркировка жил. В манжетку ММ под пластмассовую пластину вставляется, как правило, бумажная этикетка с нанесенным обозначением.

Подобная форма маркирования требует ручной работы, написания или печатания марок; как правило, малоразборчива, плохо читается и быстро стирается.

Прогрессивные методы маркировки

Зарубежные фирмы освоили и широко используют более прогрессивные методы маркировки жил, проводов и кабелей.

1-й метод маркировки

Однозначные обозначения используются для складывания многозначного маркировочного текста непосредственно при монтаже

Имеют различные формы, цвет и размер, изготавливаются из негорючих и не распространяющих горение материалов.

Имеют буквенно-цифровой ряд и специальные символы, нанесенные путем вдавливания при высокой температуре.

Знаки обозначения закрытой формы надеваются до подключения к зажиму в необходимой последовательности на проводник (жилу), провод или кабель, фигурные края не позволяют перекручиваться обозначениям между собой, составляя общий маркировочный текст.

Знаки обозначений открытой формы вдавливаются на проводник, провод, кабель, защелкиваются и не перекручиваются.

Виды маркеров кабелей и проводников приведены в таблице 14.Т6.

2-й метод маркировки

Заранее заготовленные многозначные обозначения выполнены на втулках различной длины, позволяющие печатать на них до 17 знаков, символы наносятся на втулку с помощью специального миниplotтера.

Многозначные втулки либо надеваются на проводник (жилу), провод, кабель (при небольших сечениях), либо крепятся на них с помощью специальных хомутов (для продукции большого сечения).

Для примера в таблице 14.Т7 показаны виды держателей, манжеток и хомутиков.

3-й метод маркировки

Этикетки обозначений выполняются по месту проведения монтажных работ на печатной машинке с точечной головкой, plotтере или лазерном принтере, специально подготовленных для работы подобного вида.

Этикетки вставляются в держатели обозначений. Держатель имеет закрытую форму, прозрачный, с карманом для этикетки.

Данный метод маркировки сходен с российской маркировкой с использованием маркировочной манжетки ММ.

Для маркировки кабелей в РФ применяются чаще всего бирки маркировочные БМА.

14.5. ВЫБОР ПРОВОДОВ, КАБЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ ТРУБ

В приведенных в разделе 14.1 определениях электрических и трубных проводов следует различать три составляющих:

- кабельные и трубные изделия, элементы их соединения и подсоединения к средствам автоматизации и вычислительной техники;
- конструкции и детали крепления кабельных и трубных изделий;

– защитные элементы от внешних воздействий (температурных, механических, загрязняющих и коррозионно-активных, сейсмических, биологических и др.).

Выбор проводов, кабелей и труб требует учета всех трех составляющих проводок.

Условия прокладки и расположения проводок, способы прокладки проводок рассматриваются в главе 16 «Схема расположения». В данной главе рассматриваются общие вопросы выбора проводов, кабелей и труб; конкретный выбор того или иного изделия возможен при обязательном совместном рассмотрении схемы расположения кабельных и трубных проводок технологического объекта управления и требований к передаче информации/данных со стороны комплекса аппаратных и программных средств АСУТП.

14.5.1. Выбор проводов и кабелей

Провода и кабели применяются в тех областях, которые указаны в стандартах и технических условиях на провода и кабели.

В соответствии с ПУЭ (6 издание, п. 2.1.49) для стационарных электропроводок должны применяться преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами. Исключения составляют электропроводки с использованием проводов и кабелей с медными жилами:

- открытые электропроводки в чердачных помещениях;
- вторичные цепи электростанций с генераторами мощностью более 100 МВт (при этом вторичная коммутация и освещение объектов химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, механических мастерских и пусковых котельных выполняется с применением кабелей с алюминиевыми жилами);
- вторичные цепи подстанций с напряжением 330 кВ и выше; подстанций межсистемных транзитных линий электропередачи;
- устройства резервирования отказа выключателей 110–220 кВ и систем ПАЗ;
- технологические защиты тепловых электростанций;
- вторичные цепи с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил проводов и кабелей до 1 мм;
- цепи термопреобразователей сопротивления и термопар;
- вторичные электропроводки, размещаемые во взрывоопасных зонах В-I и В-Ia;
- цепи механизмов доменных и конвертерных цехов, обжимных и непрерывных прокатных станов, электроприемников особой группы I категории;
- установки, подверженные вибрации;
- питание переносного электроинструмента и светильников;
- установки автоматизации медиасистем, зрелищных предприятий;
- системы автоматизации в музеях, библиотеках, архивах и другие хранилища государственного подчинения;
- отдельные цепи устройств лифтов.

В АСУТП широко применяются промышленные сети передачи информации.

Промышленные сети как физический способ объединения интеллектуальных средств автоматизации полевого уровня, устройств распределенного ввода/вывода,

контроллеров и персональных компьютеров или рабочих станций оператора, как и программируемый протокол обмена информацией между ними, имеют в последнее время широкое применение и быстрое развитие.

Промышленная сеть работает в режиме реального времени на значительных расстояниях, при больших скоростях передачи цифровой информации небольшого объема.

Промышленная сеть требует повышенной защиты от различного рода помех (в том числе электромагнитных).

Интеллектуализация полевых средств автоматизации расширяет диапазон использования/проникновения промышленных сетей.

При выборе кабелей для промышленных сетей следует учитывать ряд специфических требований. С одной стороны – это требования топологии и распределенности конечных устройств сети на конкретном технологическом объекте управления. С другой стороны – это скорость передачи данных, число приемников/передатчиков в сети и специфические требования интерфейса промышленной сети.

Используемые стандартные физические порты в промышленных сетях: RS-232, RS-422 и RS-485, и имеют характеристики.

Характеристики порта	RS-232	RS-422	RS-485
Передатчик, макс.	1	1	32
Приемник, макс.	1	10	32
Длина линии связи, м	15,2	1220	1220
Скорость передачи данных, Кбит/с	38	90	500

Физическая среда передачи данных в промышленных сетях имеет ориентировочные характеристики.

Характеристика среды	Витая пара	Коаксиальный кабель РК	Оптическое волокно	Радиоканал
Длина, км	0,01–1,0	0,1–4,0	1,0–10,0	1,0–10,0
Скорость, Мбит/с	0,01–2,0	0,3–10,0	1,0–100,0	0,01–0,03
Стоимость точки, амер. доллар	До 30	30–50	70–200	50–100
Стоимость сети, относительная	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая

Средства автоматизации с аналоговым входным/выходным сигналом 0–20 мА, 4–20 мА, с микровольтовым сигналом, с сигналом 0–24 В постоянного тока, 0–220 В переменного тока связаны с вторичными приборами как контроллерами полевой сети, имеющую, как правило, незначительную длину (до нескольких сотен метров) и небольшой уровень передаваемой мощности (до нескольких десятков Вт).

В последние годы появились новые типы промышленных сетей:

– HART – протокол с использованием технологии 4–20 мА и цифровой передачи до 1200 бит/с;

– ASI – интерфейс с датчиками и исполнительными механизмами со скоростью передачи до 167 Кбод по паре обычных проводников длиной сегмента между узлами до 1000 м и числом узлов – до 31;

– SSI – синхронный последовательный интерфейс для преобразователей углового положения трех специальных датчиков со скоростью передачи данных до 1,5 Мбит/с и длиной кабеля менее 400 м с шестью рабочими жилами.

При выборе кабелей и проводов необходимо учитывать данные промышленных сетей, некоторые из которых приведены выше.

Выбор проводов и кабелей для измерительных цепей приборов и средств автоматизации, для сетей передачи информации между средствами вычислительной техники, их присоединение, прокладка должны производиться с учетом требований фирм-изготовителей (или поставщиков) измерительной аппаратуры, средств автоматизации и вычислительной техники.

Все отступления от паспортных требований необходимо письменно согласовывать с фирмами-изготовителями.

В современных условиях, без нарушения требований ПУЭ, а с превышением требований ПУЭ по применению кабельно-проводниковой продукции с металлическими жилами по требованию заказчика, финансирующего работы по технологическому объекту, целесообразно использовать провода и кабели с медными жилами.

14.5.2. Сечение проводников

Сечение жил проводов и кабелей АСУТП должно выбираться так же, как сечение проводов питания, по допустимым длительным токовым нагрузкам и допустимым значениям электросопротивления проводов и кабелей. Эти данные приводятся в технических данных на аппаратуру и кабельно-проводную продукцию.

В таблице 14.Т8 приведены ориентировочные данные по сопротивлению медных и алюминиевых жил проводов и кабелей различного диаметра и сечения, которые можно использовать для инженерных расчетов при выборе проводов и кабелей.

Минимально допустимые сечения жил проводов и кабелей электропроводок АСУТП и СА принимаются:

- в цепях напряжением 60 В и ниже – не менее 0,2 мм² (диаметр 0,5 мм) для медных проводников и 2,5 мм² (диаметр 1,78 мм) для алюминиевых проводников;
- в цепях напряжением выше 60 В – не менее 1 мм² (диаметр 1,13 мм) – для медных проводников и 2,5 мм² – для алюминиевых проводников.

Допускается по п. 524.1 ГОСТ Р 50571.15-97 принимать сечения фазных проводников в цепях переменного тока и токоведущих проводников в цепях постоянного тока не менее значений, указанных в таблице 14.Т9. Этим ГОСТом разрешено для цепей электронного оборудования (примечание 2 к таблице) применять минимальное сечение медного изолированного проводника 0,1 мм² – при диаметре 0,357 мм (в кабеле или проводе).

Естественно, следует принимать во внимание затухание сигнала в проводах и кабелях определенной длины, падение напряжения электрической цепи соответствующих средств автоматизации и вычислительной техники.

Для сведения приведены обозначения и измерения проводников согласно правил США и Великобритании (таблица 14.Т10). Обозначение проводов часто встречается в технических данных различных средств автоматизации и вычислительной техники производства зарубежных фирм.

14.5.3. Изоляция проводов и кабелей

Изоляция проводников и в целом проводов и кабелей должна соответствовать параметрам электрической цепи. При номинальном напряжении цепей до 500 В провода и кабели должны иметь изоляцию, выполненную на номинальное напряжение переменного тока не ниже 500 В.

Изоляция цепей ниже 60 В рабочего напряжения, в которые включены средства АСУТП, должна соответствовать нормам изоляции этих средств. В случае если технологический объект имеет специфические условия (например, высокую температуру окружающей среды), изоляция проводов и кабелей должна соответствовать этим условиям. В целом необходимо учитывать требования окружающей среды и способы прокладки электропроводок с тем, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покрытия проводов и кабелей отвечали этим требованиям. Особенно следует обращать внимание на воздействие солнечной радиации (света), масла, агрессивных веществ. В необходимых случаях следует предусматривать дополнительную защиту от воздействия вредностей (маслостойкая, влагостойкая, теплостойкая изоляция или оболочка, перенос или укрытие электропроводок в короб, туннель и т. п.).

14.5.4. Резерв проводов и жил кабелей

Внешние электропроводки между средствами автоматизации (датчиками, исполнительными механизмами, вспомогательными устройствами) и щитами управления и контроля имеют определенную длину, разветвленность и многопроводность (многожильность). Прокладка электропроводок является трудоемким процессом, прокладка дополнительных электропроводок по установленным и используемым конструкциям и трассам, как правило, еще более затруднена по сравнению с первоначальными монтажными работами с электропроводками. Поэтому резервирование проводов и жил кабеля является обязательным условием при проектировании схем электропроводок.

Определение количества резервных проводов и жил кабелей следует производить с учетом п. 4.15 ВСН 205-84 и таблицей 14.Т11.

При этом большее число резервных жил кабелей допустимо ввиду ступенчатости установленной ГОСТом шкалы кабелей.

14.5.5. Кабельные изделия

Кабельные изделия – любые виды изолированных и неизолированных проводников, предназначенных для передачи электрической энергии и информации, а также используемых в различных преобразователях электрической и оптической энергии, аппаратах и устройствах радиоэлектронной, связи, сигнализации, автоматизации и т. п.

Приведем термины и определения кабельных изделий по ГОСТ 15845-80.

Кабель — кабельное изделие, содержащее одну или более изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, в который может входить броня, и пригодное, в частности, для прокладки в земле и под водой.

Провод — кабельное изделие, содержащее одну или несколько скрученных проволок или одну или более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься легкая неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка из волокнистых материалов или проволоки, и не предназначенное, как правило, для прокладки в земле.

Шнур — провод с изолированными жилами повышенной гибкости, служащий для соединения с подвижными устройствами.

В общем случае к кабельным изделиям относятся:

- неизолированные и изолированные провода для воздушных линий электропередач и линий электрифицированного транспорта;
- шины и ленты;
- шинопроводы;
- обмоточные провода;
- провода повышенного сопротивления;
- силовые кабели;
- кабели и провода специализированные (для электрооборудования лифтов, подвижного состава, морских и речных судов, нефтегазового оборудования, для геофизических работ, пожаростойкие и нагревательные и др.);
- кабели контрольные;
- кабели сигнализации и блокировки;
- кабели управления;
- провода установочные;
- кабели для систем пожарной и охранной сигнализации;
- кабели и провода телефонной связи;
- провода и кабели монтажные;
- шнуры соединительные;
- радиочастотные кабели;
- оптические кабели.

Приведенная классификация в известной мере условна, однако позволяет систематизировать сведения о части кабельной продукции, насчитывающей более 1000 марок и конструкций и выпускаемой кабельными предприятиями России.

Поясним некоторые конструктивные особенности кабельной продукции.

В общем случае конструкция кабеля и провода представляет собой **концентрически расположенные** элементы:

1. Токопроводящая жила по ГОСТ 22483-77 (пояснение смотри ниже).
2. Изоляция жилы (резина — обозначение в марке кабеля — Р; поливинилхлоридный пластикат ПВХ — В; полиэтилен — П; фторопласт — Ф; пропитанной бумаги — Б).
3. Пары, тройки, четверки, пятерки, десятки изолированных жил.
4. Скрученные пары, тройки, четверки, пятерки, пучки, жгуты, повивы; скрученный сердечник (шаг скрутки — различный).

5. Заполнитель пустой между жилами, пучками.

6. Поясная изоляция из ПВХ.

7. Электропроводящий экран каждой жилы, пары жил, пучка жил возможен для некоторых видов кабельной продукции.

8. Металлический экран различных конструкций и различных материалов.

9. Разделительный слой.

10. Оболочка или защитный шланг.

11. Защитный покров.

Защитный покров, в свою очередь, состоит из подушки поверх оболочки; брони из металлической проволоки или ленты и т. п.; наружного покрова из стеклопряди, битума и др. защитных составов.

Технические условия на каждый вид кабельной продукции содержат описание конструкции и примененных материалов.

Подробнее остановимся на классах **токопроводящих жил**.

Токопроводящие жилы кабелей из медной и алюминиевой проволоки, кроме кабелей маслонеполненных, связи, особо гибких, судовых грузонесущих, геофизических, СЦБ соответствуют ГОСТ 22483-77.

В соответствии с указанным ГОСТом жилы кабелей, которые используются для стационарной прокладки, имеют классы 1 и 2; для кабелей стационарной прокладки с особой повышенной гибкостью при монтажных работах и с вибростойкостью, для кабелей нестационарной прокладки применяются жилы классов 3, 4, 5 и 6.

ТУ на кабели указывают материал, форму, обработку и класс жил.

Некоторые данные жил сечения до 4 мм² классов 1–6 приведены в таблице 14.Т12. Обращаем внимание, что с увеличением номера класса увеличивается количество проволок в жиле, омическое сопротивление жилы и ее диаметр, а также увеличивается гибкость жилы.

14.5.6. Кабельные изделия в АСУТП

В АСУТП находят применение отдельные виды кабельной продукции.

Ниже в «Пособии» в разной степени отражены кабельные изделия, применяемые в АСУТП.

14.5.7. Кабели

Кабели, применяемые в электропроводах систем автоматизации, должны иметь резиновую, поливинилхлоридную, бумажную, полиэтиленовую изоляцию жил и свинцовую, алюминиевую, резиновую или поливинилхлоридную оболочки (**во взрыво- и пожароопасных установках не допускается применение кабелей с полиэтиленовой изоляцией жил**). Запрещается при всех способах прокладки применять кабели с полиэтиленовой оболочкой. На разделенные жилы кабелей с полиэтиленовой изоляцией должны надеваться полихлорвиниловые трубки.

Кабели с резиновой и полиэтиленовой изоляцией жил применяются при температурах окружающей среды от –50 до +50 °С и при длительной температуре жил кабеля не выше +65 °С (для кабелей с полиэтиленовой или поливинилхлоридной изоляцией не более 70 °С).

Кабели с бумажной изоляцией запрещается применять при прокладке с разностью уровней более 25 м; длительно допустимая температура жил этих кабелей не должна превышать +80 °С.

При присоединении приборов и средств автоматизации, расположенных в местах с температурой окружающей среды, или жил более указанных, следует применять кабели (от распределительных коробок до приборов и средств автоматизации) с кремнийорганической изоляцией.

При прокладке кабелей в производственных помещениях с агрессивной средой применяются, как правило, кабели с поливинилхлоридной и другими химически стойкими и не поддерживающими горение оболочками в зависимости от характера агрессивной среды.

14.5.8. Силовые кабели

Силовые кабели состоят из одной, трех, четырех или пяти одно- или многопроволочных медных или алюминиевых жил, изолированных друг от друга и окружающей среды, герметизированных свинцовыми, алюминиевыми или пластмассовыми оболочками и защищенных, как правило, броней из стальных лент или оцинкованной проволоки.

Изоляция кабелей изготавливается из бумажных лент, пропитанных маслоканифольным составом, резины и пластмассы.

Буквенное обозначение определяет конструкцию кабелей, брони, защитных оболочек и покровов.

Кабели с алюминиевыми жилами обозначают буквой А. Наличие медных жил в маркировке не выделяется. Например:

ААБв – кабель с алюминиевыми жилами, в алюминиевой оболочке, под броней из стальных лент с выпрессованной из поливинилхлорида защитной оболочкой;

СБ – кабель с бумажной пропитанной изоляцией с медными жилами, в свинцовой оболочке (С), с броней из стальных лент (Б), с защитными покровами из кабельной пряжи, пропитанной битумом;

АСБ – то же, что СБ, но с алюминиевыми жилами;

ААБ – то же, что АСБ, но с алюминиевой оболочкой.

Основные буквенные обозначения силовых кабелей приведены в таблице 14.Т13, обозначение силового кабеля содержит буквенное обозначение кабеля по указанной таблице и цифровые технические данные.

Например: ААБв-3×25+1×16 – цифры указывают, что кабель (см. выше) имеет три основные жилы сечением по 25 мм² и одну нулевую жилу сечением 16 мм².

14.5.9. Контрольные кабели

Контрольные кабели используются для передачи низковольтных маломощных сигналов управления в различных электротехнических устройствах. Кабели рассчитаны на переменное напряжение до 660 В частотой до 100 Гц, и постоянное напряжение до 1000 В. Жилы кабелей изготавливают из меди (сечение от 0,75 до 6 мм²) и алюминия (сечение от 2,5 до 10 мм²).

Изоляция контрольных кабелей (К) изготавливается из резины (обозначение в марке – Р), поливинилхлоридного пластика (В), полиэтилена (П), фторопласта (Ф), в некоторых случаях – из кабельной пропитанной бумаги.

Кабели могут иметь оболочки из резины или пластмассы, свинца, алюминия. Для защиты от внешних электрических полей контрольные кабели могут иметь экран (Э).

В зависимости от условий прокладки контрольные кабели могут иметь броневые (Б) и защитные покрытия.

Пример буквенного обозначения контрольных и специальных кабелей, применяемых в АСУТП, приведен на рисунке 14.Р11.

Марки, материал, сечение и число жил, и рекомендуемая область применения контрольных кабелей указаны в таблице 14.Т14.

14.5.10. Кабели управления

Кабели управления предназначены для передачи сигналов малой мощности на переменном напряжении до 1000 В частотой до 5 кГц или постоянном напряжении до 1400 В. Отличием кабелей управления от контрольных, неподвижно устанавливаемых, является подвижное присоединение. Кабели имеют, как правило, медные жилы сечением от 0,03 до 2,5 мм² и их числом от 3 до 108. Кабели могут быть неэкранированными, иметь часть экранированных жил, со всеми экранированными жилами, двойной экран. Жилы кабелей управления могут иметь как одинаковое сечение токопроводящих жил, так и разное.

Диапазон верхних температур длительной эксплуатации: от 70 °С для кабелей с резиновой изоляцией, до 250 °С с изоляцией из фторопласта-4.

Параметры кабелей управления указаны в таблице 14.Т15. Контрольные кабели и кабели управления с витой парой выделены в отдельный подраздел 14.5.12 «Кабель с витой парой».

14.5.11. Силовые и установочные провода

Провода установочные имеют пластмассовую изоляцию ПВ, АПВ, ПГВ (выпускаются по ГОСТ 6323-79) или резиновую изоляцию ПР, АПР, ПРГ, АПРН, ПРТО, АПРТО, ПРЛ, ПРВ, АПРВ, ПРГВ (выпускаются по ГОСТ 20520-80).

В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках применяются провода с влагостойкой изоляцией или во влагостойкой оболочке; в местах с температурой выше +40 °С – провода с теплостойкой изоляцией.

В таблицах 14.Т16, 14.Т17, 14.Т18 приведены технические данные некоторых проводов, наиболее распространенных в электропроводах систем автоматизации.

Рекомендации по применению отдельных типов проводов в зависимости от условий окружающей среды и разных способов прокладки приведены в таблице 14.Т19.

В случаях когда для одних и тех же условий могут быть применены провода с пластмассовой и резиновой изоляцией, предпочтение следует отдавать проводам с пластмассовой изоляцией.

Провода с пластмассовой изоляцией по ГОСТ 6323-79 предназначены для эксплуатации при температурах окружающей среды от -50 до $+50$ °С и относительной влажности воздуха $95 \pm 2\%$ при температуре $+40$ °С. Длительно допустимая температура жил должна быть не более $+70$ °С. Монтаж проводов должен производиться при температуре не ниже -15 °С. Радиус изгиба при монтаже должен быть не менее пяти диаметров для проводов марок ПРГ, ПРПЛ, ПРТП, ПРГВ и десяти диаметров для проводов других марок.

14.5.12. Кабели с витой парой

Физическая среда построения промышленных сетей в виде витой пары – это наиболее распространенная и универсальная среда в АСУТП на современном этапе.

Витая пара пришла на смену проводникам обыкновенного контрольного и установочного кабеля или провода и относится к типу симметричных кабелей. Перспективность кабеля с витой парой позволяет выделить его из общего описания контрольного кабеля.

Витая пара представляет собой два изолированных проводника, свитых между собой некоторое число раз на определенном отрезке длины (не менее 13 витков на 1 м длины).

Такой повив уменьшает перекрестные наводки между проводниками и наводки от внешних источников помех.

Различают несколько основных типов кабелей с витой парой (TP—Twisted Pair):

- UTP – незащищенная (unshielded) витая пара, которая не имеет индивидуального экранирования;
- STP – защищенная (shielded) витая пара, т. е. пара имеет экран;
- FTP – фольгированные витые пары, т. е. все пары имеют общий экран, но каждая пара не имеет экрана;
- ScTP – экранированный кабель, при этом кабель имеет общий экран (например, оплетка из медных луженых проволок плотностью около 90%), отдельные витые пары могут иметь или не иметь экран.

По электрическим и физическим характеристикам UTP – кабель подразделяется на 7 категорий, приведенных в таблице 14.Т20.

Кабели, в которых каждая витая пара имеет экран, т. е. кабели с экранированными парами, с защищенными витыми парами STP, применяются для передачи данных по стандарту фирмы IBM, кабели по стандарту IBM подразделяются на типы:

- тип 1, который содержит две пары скрученных проводов с общей экранированной оплеткой; кабель соответствует кабелю UTP категории 5, но с иным волновым сопротивлением (150 Ом вместо 100 Ом); кабель типа 1 применяется в сетях Fast Ethernet;
- тип 2, который содержит две пары экранированных проводов передачи данных (STP) и две пары неэкранированных проводов для передачи голосовых сообщений (UTP);
- тип 3, состоящий только из двух, трех или четырех пар неэкранированных проводов UTP (телефонный кабель соответствующий жильности 2×2 , 3×2 , 4×2);

- тип 4 – отсутствует;
- тип 5 – кабель оптоволоконный (ВОК);
- тип 6 – две пары экранированных STP.

Российские и зарубежные кабельные предприятия выпускают большую номенклатуру кабелей с витой парой.

Обозначение кабелей в целом не имеет необходимой унификации. Каждое предприятие устанавливает свою маркировку кабельной продукции. В общем случае в маркировке присутствует аббревиатурная запись основных параметров кабелей, которая в значительной степени соответствует обозначению по рисунку 14.P11:

- конструкция;
- число пар;
- диаметр проводника;
- материал изоляции;
- наличие и материал экрана;
- наличие и материал оболочки;
- наличие оплетки (брони).

При выборе кабеля с витой парой особо следует обратить внимание на характеристику физического интерфейса ЛВС, скорость передачи информации в килобит/с или МГц, электрическое сопротивление цепи (шлейфа), электрическую емкость между проводниками (емкость влияет на параметры искробезопасной цепи).

Предприятия выпускают кабели, предназначенные:

- для подключения программируемых логических контроллеров PLC к вычислительным сетям;
- для обеспечения передачи данных по интерфейсам RS-485, Profi Bus;
- для подключения к пьезоэлектрическим и индуктивным датчикам АСУТП (жилы кабеля скручены не в пары, а в тройки).

Такие кабели производит, например, НПП «Спецкабель».

14.5.13. Термоэлектродные провода

Для подключения термоэлектрических преобразователей (термопар) с целью уменьшения погрешности, которая вносится линией связи датчика (термопары) и измерительного преобразователя, необходимо использовать термоэлектродные провода.

Последние часто называют **термопарными проводами** или **компенсационными проводами**.

Зарубежные производители относят термоэлектродные провода к контрольным кабелям и называют их компенсационными кабелями.

В Российской Федерации принято наименование термоэлектродные или термопарные монтажные провода.

Провода изготавливаются с жилами и обозначаются в соответствии с видом термоэлектродпреобразователя (термопары):

- ХА – хромель-алюмель (термопара ТХА – [К]);
- ХК – хромель-копель (термопара ТХК – [L]);
- П – медь-сплав ТП (термопара ТПП – [D]);
- М – медь константант (термопара ТХА – [К]);
- ЖК – железо-константант (термопара ТЖК – [J]).

Пример условного обозначения термоэлектродного провода приведен на рисунке 14.Р12.

Характеристика и условия применения термоэлектродных проводов по ГОСТ 24335-80 указаны в таблице 14.Т21.

Зарубежные кабельные предприятия в обозначении указывают сплав жилы (Fe/CuNi – термопара типа J, NiCr/Ni – термопара типа K, PtRh/Pt – термопара типа S,R), материал изоляции (PVC – ПВХ, Sil – силикон, GL – стекловолокно, S – плетение из стальной проволоки), число и сечение жил ($2 \times 0,22$; $2 \times 0,5$; $2 \times 0,75$; 2×10 ; $2 \times 1,5$; $4 \times 1,5$; $6 \times 1,5$; $8 \times 1,5$; $10 \times 1,5$; $12 \times 1,5$; $14 \times 1,5$; $16 \times 1,5$; $18 \times 1,5$; $24 \times 1,5$; $35 \times 1,5$).

Проектировщику АСУТП следует иметь в виду, что качественные показатели измерения температуры с использованием термоэлектрического преобразователя существенно зависят от правильного выбора проводов и расположения термопары и измерительного преобразователя.

Необходимо соблюдать следующее:

- термоэлектродный провод должен соответствовать термопаре по параметрам материалов провода и датчика;
- длина компенсационного провода между термопарой и измерительным преобразователем должна быть минимальна; возможна установка нормализатора, превращающего термоЭДС термопары в унифицированный сигнал;
- необходимо экранирование как термопары, так и соединительной линии для уменьшения помех общего вида;
- необходимо использовать компенсационный провод большего сечения, который меньше отводит тепло от зоны измерения температуры; при тонком проводе – его длина должна быть минимальна;
- для термопары, для которой не требуется применение термоэлектродного провода, необходимо использовать экранированную витую пару.

14.5.14. Радиочастотный кабель

Радиочастотный кабель, часто его называют коаксиальным, имея в виду его конструктивную особенность, применяют при организации локальных вычислительных сетей или промышленных сетей АСУТП.

Радиочастотный кабель используют при передаче высоких частот (МГц и ГГц) на короткие и длинные (до 10 км) расстояния с малым затуханием сигнала.

Радиочастотный кабель достаточно гибок, имеет малый радиус изгиба.

Вместе с тем этот вид кабельной продукции относительно дорог и сложен в монтаже из-за своих конструктивных особенностей. Кабель имеет внутренний проводник, концентричную изоляцию и внешний проводник в виде оплетки из проволоки или продольно наложенных медных лент, заключенных в оболочку.

Радиочастотные кабели имеют широкую гамму исполнений по конструкции, волновому сопротивлению, виду и материалу изоляции, нагрево- и теплостойкости и др.

На рисунке 14.Р13 дан пример обозначения радиочастотного кабеля с расшифровкой всех знаков обозначения, повторение которых по тексту не приводится.

В таблице 14.Т22 сгруппированы радиочастотные кабели, выпускаемые по российским техническим условиям и которые рекомендуются использовать в проектах

АСУТП. Категория теплостойкости в таблице принята 1 и 3, что соответствует рабочей наружной температуре до 125 °С; более высокая наружная температура установки кабеля, естественно, потребует применения кабеля других категорий.

Электрические соединения с использованием радиочастотных коаксиальных кабелей имеют соединение кабелей между собой, подсоединение кабелей к средствам автоматизации (например, приборам).

Соединение может быть неразъемным для удлинения кабельной линии и разъемным для подключения кабеля к прибору, а также для соединения двух кабелей между собой при необходимости периодического из разъединения.

Неразъемное соединение осуществляется с помощью внутренних проводников кабелей между собой с последующей изоляцией места спайки и пайки внешних проводников (оплеток) кабелей между собой, также с последующей изоляцией места спайки.

Разъемное соединение осуществляется с помощью различного рода соединителей. Радиочастотные коаксиальные соединители подразделяются на вилки и розетки.

Вилки для подключения кабельной линии (полевой шины и т. п.) подразделяются на вилки прямые кабельные и вилки угловые кабельные.

Розетки подразделяются на приборно-кабельные розетки, прямые кабельные и приборные розетки. Их назначение определяется наименованием розеток.

На рисунке 14.Р14 приведен пример марки соединителя с расшифровкой знаков обозначения марки соединителя.

Соединители производятся по присоединительному ряду ГОСТ 13317-89 (тип III и тип IX) и МЭК 61169-1 (тип N и тип SMA).

Для того чтобы иметь возможность соединять различного типа соединители между собой, применяются переходы кабельной сборки коаксиальные – адаптеры и конструктивно переход коаксиальной состоит из корпуса и двух соединителей одного или разного присоединительного типа, а также различных комбинаций типа «вилка-вилка», «вилка-розетка» или «розетка-розетка». Переходы одного присоединительного ряда называют адаптером одноканальным (in-series adapters), а разных рядов – межканальным адаптером (between-series adapters), обозначения соединителей, входящих в переход, таковы:

Рабочий диапазон частот – 0–18 ГГц

ШВ	– канал 7/3,04	вилка	метрическая резьба
ШР	– канал 7/3,04	розетка	метрическая резьба
N male	– канал 7/3,04	вилка	дюймовая резьба
N female	– канал 7/3,04	розетка	дюймовая резьба

Рабочий диапазон частот – 0–26 ГГц

IXB	– канал 3,5/1,52	вилка	метрическая резьба
IXP	– канал 3,5/1,52	розетка	метрическая резьба
SMA male	– канал 3,5/1,52	вилка	дюймовая резьба
SMA female	– канал 3,5/1,52	розетка	дюймовая резьба

Кабельная сборка для радиочастотного коаксиального кабеля – сочетание кабеля, соединителей, которое рассматривается как единое целое и применяемое для соединения различного типа приборов и средств между собой.

Кабельная сборка бывает:

- гибкой, длина этой сборки от 0,1 до 50 м по заказу;
- полугибкой длиной от 0,05 до 5 м;
- полужесткой длиной от 0,1 до 50 м.

Длина сборки и соединители на концах А и В кабеля указываются при заказе по опросному листу предприятия-поставщика кабельной сборки.

14.5.15. Волоконно-оптические кабели

Волоконно-оптические кабели (ВОК) имеют тридцатилетнюю историю использования в основном в коммутируемых телефонных сетях и в сетях специального назначения. Сети с использованием ВОК называются волоконно-оптическими линиями связи ВОЛС.

В последние годы ВОК находят применение в системах управления на предприятиях, имеющих рассредоточенные объекты управления, а также на предприятиях потенциально опасных по взрыву и пожару.

Ряд преимуществ, которыми обладают ВОК, приближают кабели к полевому уровню АСУТП, как конечному пользователю/производителю локальной промышленной сети. Этому способствовало и способствует интенсивное развитие волоконно-оптической технологии.

Конструкции ВОК развивались в направлении от громоздких тяжелых конструкций к легким, выдерживающим большие растягивающие силы и сдавливающие усилия, к конструкциям с широким диапазоном рабочих температур, с возможностями внутренней (внутри помещений) прокладки и наружной прокладки в земле, на тресе, на кабельных конструкциях.

Накопление знаний по свойствам волокна и его обработке приводит к разработке новых, более экологичных и надежных конструкций.

Развитие ВОК обусловлено также развитием оптоэлектронных компонентов: оптических передатчиков и приемников, усилителей, разветвителей. Надежность и срок службы источников излучения значительно увеличились. Одновременно развивалась технология монтажа, сращивания волокон, совершенствовались оборудование соединителей, коннекторов, распределителей.

Перечислим **достоинства сетей с использованием ВОК:**

- широкая полоса пропускания оптоволоконна, которая является важным преимуществом над медной или иной средой передачи информации (рисунок 14.Р15);
- малое затухание светосигнала в волокне, что увеличивает длину соединительной линии без усиления сигнала (рисунок 14.Р16);
- низкий уровень шумов, что упрощает кодирование и увеличивает полосу пропускания;
- высокая помехозащищенность, так как диэлектрический материал волокна не испытывает и сам не оказывает влияния на соседние цепи информации, не подвержен электромагнитным помехам от молний, мощных электроприемников;

- малый вес и объем при значительной пропускной способности; эти параметры особенно ощутимы при монтажных и транспортных работах;
- высокая защищенность от несанкционированного доступа, так как без нарушения целостности волокна невозможно/очень сложно «подслушать» передаваемую информацию;
- гальваническая развязка элементов цепи, так как волокно само является изолирующим материалом;
- взрыво- и пожаробезопасность ввиду отсутствия образования искры;
- экономичность ВОК, волокна которого изготовлены из кремниевых соединений, широко распространенных в природе и недорогих (соотношение стоимости оптоволокну и медной пары – 2:5);
- длительный (до 25 лет) срок эксплуатации ВОК.

Недостатками сетей с ВОК являются:

- высокая (постепенно снижающаяся со временем) стоимость интерфейсного оборудования;
- высокая стоимость работ по монтажу, тестированию и эксплуатации сетей, для чего необходимы специальное оборудование и опыт работы;
- особые требования к специальной защите оптоволокну, которая достигается покрытием волокна специальным лаком, упрочнением ВОК специальными нитями, стержнями или стальным тросом, что, естественно, увеличивает стоимость кабеля.

Конструкция ВОК предполагает наличие следующих функциональных составляющих:

- оптическое волокно;
- защитное покрытие;
- сердечник кабеля;
- упрочняющий элемент;
- влагозащитный материал;
- оболочка;
- дополнительная механическая защита.

Оптические волокна обеспечивают передачу оптического излучения на разных длинах волн, имеют различные характеристики и выполняют разные задачи. Все оптические волокна делятся на две основные группы: многомодовые MMF (multi mode fiber) и одномодовые SMF (single mode fiber).

Многомодовые волокна подразделяются на ступенчатые (step index multi mode fiber) и градиентные (graded index multi mode fiber).

Одномодовые волокна подразделяются на ступенчатые одномодовые волокна (step index single mode fiber) или стандартные волокна SF (standard fiber), на волокна со смещенной дисперсией DSF (dispersion-shifted single mode fiber) и на волокна с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF (non-zero dispersion-shifted single mode fiber).

Типы и размеры волокон приведены на рисунке 14.P17. Каждое волокно состоит из сердцевинки и оболочки с разными показателями преломления. Сердцевина, по которой происходит распространение светового сигнала, изготавливается из оптически более плотного материала. При обозначении волокна указываются через дробь значения диаметров сердцевинки и оболочки. Волокна отличаются диаметром сердцевинки и оболочки, а также профилем показателя преломления сердцевинки.

У многомодового градиентного волокна и одномодового волокна со смещенной дисперсией показатель преломления сердцевинки зависит от радиуса. Такой более сложный профиль делается для улучшения технических характеристик или для достижения специальных характеристик волокна.

Если сравнить многомодовые волокна между собой (рисунок 14.P18), то градиентное волокно имеет лучшие технические характеристики по дисперсии, чем ступенчатое. Главным образом это связано с тем, что межмодовая дисперсия в градиентном многомодовом волокне – основной источник дисперсии – значительно меньше, чем в ступенчатом многомодовом волокне, что приводит к большей пропускной способности у градиентного волокна.

Одномодовое волокно имеет значительно меньший диаметр сердцевинки по сравнению с многомодовым и, как следствие, более высокую пропускную способность из-за отсутствия межмодовой дисперсии. Однако оно требует использования более дорогих лазерных передатчиков.

В ВОЛС наиболее широко используются следующие стандарты волокон (таблица 14.T23):

- многомодовое градиентное волокно 50/125;
- многомодовое градиентное волокно 62,5/125;
- одномодовое ступенчатое волокно SF (волокно с несмещенной дисперсией или стандартное волокно) 8–10/125;
- одномодовое волокно со смещенной дисперсией DSF 8–10/125;
- одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF (по профилю показателя преломления это волокно схоже с предыдущим типом волокна).

Большинство устройств волоконной оптики используют длины волн в области инфракрасного спектра диапазона от 800 до 1600 нм, в основном в трех окнах прозрачности: 850, 1310 и 1550 нм. Именно окрестности этих трех длин волн образуют локальные минимумы затухания сигнала и обеспечивают большую дальность передачи.

В стандартном многомодовом градиентном волокне (50/125 или 62,5/125) диаметр светонесущей жилы 50 и 62,5, что на порядок больше длины волны передачи. Это приводит к распространению множества различных типов световых лучей – мод – во всех трех окнах прозрачности. Два окна прозрачности 850 и 1310 нм обычно используют для передачи света по многомодовому волокну.

В ступенчатом одномодовом волокне (SF) диаметр светонесущей жилы составляет 8–10 мкм, сравним с длиной световой волны. В таком волокне при достаточно большой длине света распространяется только один луч (одна мода). Одномодовый режим в одномодовом волокне реализуется в окнах прозрачности 1310 и 1550 нм. Распространение только одной моды устраняет межмодовую дисперсию и обеспечивает очень высокую пропускную способность одномодового волокна в этих окнах прозрачности.

В одномодовом волокне со смещенной дисперсией (DSF) длина волны, на которой результирующая дисперсия обращается в ноль, – длина волны нулевой дисперсии – смещена в окно 1550 нм. Такое смещение достигается благодаря специальному профилю показателя преломления волокна. Таким образом, в волокне со смещенной дисперсией реализуются наилучшие характеристики как по минимуму дисперсии, так и по минимуму потерь. Поэтому такое волокно лучше подходит

для строительства протяженных сегментов с расстоянием между ретрансляторами до 100 км и более. Понятно, что единственная рабочая длина волны берется близкой к 1550 нм.

Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF в отличие от DSF оптимизировано для передачи не одной волны, а сразу нескольких длин волн (мультиплексного волнового сигнала) и наиболее эффективно может использоваться при построении магистралей «полностью оптических сетей» — сетей, на узлах которых не происходит оптоэлектронного преобразования при распространении оптического сигнала.

Основными факторами, влияющими на характер распространения света в волокне, наряду с длиной волны излучения, являются другие факторы:

Фактор	Группа оптоволокон	
	многомодовое	одномодовое
Длина волны передачи	+	+
Геометрические параметры	+	+
Затухание	+	+
Ширина полосы пропускания	+	—
Дисперсия	—	+
Длина волны отсечки	—	+
Числовая апертура	+	—

Наличие **затухания** означает, что оптическая мощность сигнала уменьшается при его распространении по оптическому волокну. Затухание выражается в дБ/км. Затухание в волокне вызывается главным образом тремя факторами: поглощением, рассеянием и потерями в кабеле. В оптическом волокне различают два вида поглощения: потери на поглощение, определяемое материалом волокна, которое состоит из инфракрасного и ультрафиолетового поглощения, и поглощение, определяемое примесями в материале волокна. Рассеяние происходит при наличии микроскопических неоднородностей в материале волокна, от которых свет отражается во всех направлениях, в том числе и обратном направлению распространения.

Наименьшее затухание достигается в диапазоне волн 800–1700 нм. На более коротких длинах волн затухание увеличивается из-за УФ поглощения, а на более длинных — из-за ИК поглощения.

Увеличение затухания между окнами 1310 нм и 1550 нм — так называемый водный пик, вызывается ОН-ионами.

Кабельные потери вызываются скруткой, деформациями-макроизгибами (радиус изгиба $\gg 1$ мм) и микроизгибами (радиус изгиба < 1 мм) волокон, и радиоактивным излучением. Эти факторы вызывают дополнительное затухание, поэтому их нужно минимизировать или полностью устранить.

Ширина полосы пропускания многомодового волокна определяет допустимую верхнюю частоту спектра сигнала, который может передаваться по волокну определенной длины. Ширина полосы зависит от длины волны и выражается в МГц·км. Например, если многомодовое волокно 62,5/125 мкм имеет ширину полосы пропускания 500 МГц·км на длине волны 1300 нм, это означает, что сигнал с верхней частотой 500 МГц можно передать на длину один километр. Если расстояние уменьшить

в два раза, то есть взять отрезок волокна длиной 500 м, верхняя частота может быть удвоена, то есть увеличена до 1000 МГц. Таким образом, ширина полосы пропускания ограничивает как скорость передачи, так и расстояние, на которое может быть передан сигнал.

По оптическому волокну передается не просто световая энергия, но также полезный информационный сигнал. Импульсы света, последовательность которых определяет информационный поток, в процессе распространения расплываются. При достаточно большом уширении импульсы начинают перекрываться, так что становится невозможным их выделение при приеме.

Дисперсия – уширение импульсов – имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность длительностей импульсов на выходе и входе кабеля длины L . Обычно дисперсия нормируется в расчете на 1 км и измеряется в пс/км. Дисперсия в общем случае характеризуется тремя основными факторами (пс/км):

- различием скоростей распространения направляемых мод (межмодовой дисперсией);
- направляющими свойствами световодной структуры (волноводной дисперсией);
- свойствами материала оптического волокна (материальной дисперсией).

Чем меньше значение дисперсии, тем больший поток информации можно передать по волокну.

Длиной волны отсечки одномодового волокна называется минимальная длина волны, на которой волокно работает как одномодовое. Если рабочая длина волны меньше длины волны отсечки, в волокне распространяется несколько мод, то есть оно становится многомодовым. Поэтому длина волны отсечки одномодового волокна должна быть меньше рабочей длины волны. В гибких проводниках и соединительных шнурах длина волны отсечки должна быть немного меньше, чем в кабелях.

Числовая апертура (NA) определяется для многомодовых волокон. Числовая апертура – важный параметр, когда определяются потери на вводе излучения света от источника в волокно и связана с максимальным углом вводимого в волокно извне излучения (света); при этом угле свет имеет полное внутреннее отражение и распространяется только в сердцевине волокна (рисунок 14.Р19).

Волоконно-оптические кабели выпускаются несколькими предприятиями Российской Федерации, имеют широкий спектр технических показателей и марок.

Следует различать ВОК по их применимости для прокладки внутри объектов и для наружной прокладки. Некоторые типы ВОК отвечают требованиям как внутренней, так и наружной прокладки.

Внутренние кабели могут быть магистральными со значительным числом пар волокон, распределительными с малым числом многомодовых пар волокон и монтажными – с одним или двумя волокнами.

Необходимо особое внимание обратить на пожаробезопасность ВОК для внутренней прокладки и содержание галогенов.

Наружные кабели делятся на три типа:

- ВОК для прокладки в кабельной канализации и в грунте;
- ВОК для водных переходов и сложных водонасыщенных грунтов;
- самонесущие ВОК для воздушных линий.

Кабели, предназначенные для прокладки в кабельной канализации, монтируются в конструкциях, состоящих из труб – кабелепроводов и кабельных колодцев, которые обеспечивают хорошую защиту кабелей от механических воздействий. Однако эти кабели подвергаются механическим воздействиям во время прокладки, а также во время их эксплуатации в стесненных условиях.

ВОК для прокладки в кабельной канализации должен быть легким и гибким, прочным с крепкой оболочкой и защищенным от воды. Длина сектора между кабельными колодцами должна позволить не превысить прилагаемую растягивающую силу при протяжке конкретного кабеля.

Максимальная сила (F), прилагаемая к кабелю при протяжке кабеля в канализации, вес кабеля (G) и коэффициент трения (μ) определяют максимальную длину кабеля (L_{\max}) в секторе.

$$L_{\max} = \frac{F}{\mu G} (\text{км})$$

где F – в Н (Ньютонах); G – в Н/км, приводятся в тех условиях на ВОК.

Коэффициент трения μ обычно таков:

- в кабельном канале – 0,9;
- в канале из поливинилхлорида и для кабеля с пластмассовой оболочкой – 0,3–0,5;
- при неизвестных условиях кабельной канализации – 1,0.

Прокладка ВОК в грунте производится либо путем укладки кабеля в траншею, либо бестраншейным способом с помощью кабелеукладчика, либо затяжкой в защитную трубу. К кабелям при непосредственной их укладке в грунт предъявляются требования:

- достаточный предел прочности на разрыв;
- допустимая раздавливающая нагрузка;
- водонепроницаемость.

Воздушная прокладка ВОК осуществляется при использовании существующих опор или при возведении самостоятельных опор для ВОК. Подвесные кабели имеют самонесущую конструкцию со встроенным несущим тросом. В технических условиях на подобный кабель указывается максимальное расстояние между опорами. Проектировщик должен также учесть климатические условия места расположения наружных проводов ВОК:

- ветровую нагрузку;
- возможное обледенение.

Подводные кабели должны быть гибкими, учитывая неровности дна водоема, выдерживать механические напряжения от растяжения кабеля и движения водных масс. Подводные кабели рассчитываются на давление воды, которое увеличивается через каждые 10 м на 100 кПа.

Схема соединений волоконно-оптических линий связи ВОЛС отличается от схем соединений внешних электрических проводов тем, что ВОЛС, организуемые в АСУТП, имеют, как правило, небольшое число оптоволоконных пар (от 1 до 4–8). Электрические соединения, с другой стороны, имеют значительное число кабелей с различным числом жил.

Поэтому схему соединений ВОЛС следует объединить со схемой подключений или, другими словами, разрабатывать объединенную схему соединений, на которой необходимо отразить все проходные и подключаемые к оптоволокну компоненты. Обозначения графические компонентов ВОЛС по ГОСТ 2.761–84 показаны в таблице 14.Т24.

Все оптические компоненты разделяются на пассивные и активные компоненты.

К пассивным компонентам ВОЛС относятся:

- оптический соединитель (optoconnector);
- розетка переходная (coupling);
- шнур;
- распределительная панель;
- кроссовый шкаф (crosspanel);
- соединительная муфта (closure);
- оптический разветвитель (coupler, splitter);
- аттенюатор;
- система спектрального уплотнения и другие компоненты.

Оптический соединитель — устройство для соединения различных компонентов волоконно-оптического линейного тракта в местах ввода и вывода излучения в оптоволокну.

Соединители бывают неразъемные и разъемные.

Неразъемный соединитель используется в местах постоянного монтажа линейного тракта.

Соединитель разъемный — коннектор используется там, где необходимы многократные соединения/разъединения.

Соединение типа сплайс (механический МС) используется для многоцветных или однокрасочных соединений оптоволокон.

Неразъемное соединение обеспечивается сваркой (fusion splicing) оптических волокон дуговым разрядом между электродами при точном центрировании оптоволокон. После сварки оголенное волокно следует механически защитить с помощью термоусаживающихся защитных гильз. Сварка и защита оптоволокон производится опытными специалистами с применением специального сварочного аппарата.

Механический сплайс — недорогое и простое в использовании устройство для быстрой стыковки обнаженных волокон посредством специальных механических зажимов, стеклянного капилляра, заполненного гелем. При необходимости разъединения следует расплавить гель и механически разъединить волокна.

МС по надежности и потерям уступает сварному соединению.

Разъемные соединители различных стандартов имеют широкую гамму исполнения.

По конструкции соединители бывают симметричными и несимметричными. Симметричное соединение требует три элемента: два соединителя (коннектора) штекерных и переходная розетка — адаптер.

Соединитель (коннектор) наиболее часто организуется с помощью наконечника (ferrule). В этом коннекторе конец волокна устанавливается внутри наконечника с помощью клея. От полировки наконечника зависят оптические характеристики соединителя. Полировка наконечника выполняется специальным полировальным

устройством. Соединение волокон с малыми потерями достигается точной юстировкой двух наконечников с волокнами относительно друг друга с фиксацией.

Адаптер (центрирующий соединительный компонент) служит для юстировки наконечников.

Несимметричное соединение состоит из двух элементов: соединитель (коннектор) гнездовой и соединитель (коннектор) штекерный.

В гнезде оптоволокну выступает наружу, а в штекере заглублено в капиллярной полости. При соединении штекера и гнезда капиллярная полость принимает оптоволокну, которое выступает в гнезде. При этом само гнездо служит для физического приема корпуса штекера.

Несимметричное соединение имеет недостаток в наличии открытого волокна гнезда и капиллярной полости в штекере, что ненадежно при значительном числе переключений.

Номенклатура стандартов соединителей велика: SC, ST, FC и другие.

В России для линий телефонной связи распространен соединитель FC. Общее направление применения соединителей по стандарту IEC 874-7 ведет к преобладанию соединителей SC.

SC – соединитель (SC connector) имеет прямоугольную форму внешней конструкции с малыми размерами, защелку с фиксатором (push-pull). SC подключается к розетке SC.

ST – соединитель имеет круглое поперечное сечение, с подпружиненным наконечником и байонетным типом фиксации с ключом.

FC – соединитель – резьбовой соединитель с гайкой, чаще всего используется с одномодовым волокном.

FC – соединитель для закручивания гайки должен иметь большее пространство и не может быть спаренным, как SC-соединитель. Розетка FC имеет прямоугольную конструкцию для установки на распределительной панели.

Переходные розетки могут выпускаться для сочленения разнородных соединителей – SC–FC; SC–ST; ST–FC и другие.

Оконцевание волокна ВОК соединителем (коннектором) с последующим подключением его к переходной розетке в распределительной коробке или панели для обеспечения дальнейшей связи с оборудованием посредством оптического соединительного шнура называется **терминированием ВОК**.

Существует три способа терминирования ВОК (рисунок 14.P20):

– непосредственное терминирование (при этом волокно кабеля при изготовлении подключается к соединителю);

– терминирование с пигтейлом (pig-tail) путем сварки пигтейла с оптоволокну кабеля; (**пигтейл** – оптическое волокно с покрытием длиной до 1–2 м, оконцованное с одной стороны соединителем); сваренные концы волокон укладывают обычно внутри панели с розетками;

– терминирование сваркой волокон полевого и станционного кабеля; при этом сварка проще и быстрее, чем оконцевание, чем объясняется более широкое распространение этого способа терминирования, чем способ непосредственного терминирования.

Оптический шнур – оптический миникабель заказанной длины, который оконцован с двух сторон соединителями (возможно разного вида). Оптический шнур

может быть одно- или многомодовый, одиночный с одним волокном, двойной с двумя волокнами.

Для выполнения быстрого соединения при изготовлении шнура иногда используют адаптер быстрого оконцевания обнаженного волокна стандартного миникабеля 3 мм (bare fiber adapter).

Оптический разветвитель (coupler, splitter) используется при организации кабельного телевидения и при полностью оптических цепях (all-optical networks).

Оптический разветвитель имеет категории:

– **древовидный разветвитель** (tree coupler) – расщепляет один входной сигнал на несколько выходных сигналов обычно равной мощности или, наоборот, объединяет несколько входных сигналов в один выходной сигнал;

– **звездообразный разветвитель** (star coupler) – имеет одинаковое число входных и выходных полюсов (2×2 , 4×4), когда один входной сигнал распределяется на несколько выходных сигналов;

– **ответвитель** (tap) – это древовидный разветвитель с неравномерными соотношениями распределения мощности между выходными каналами; конфигурация ответвителей 1×2 , 1×3 , 1×4 , 1×5 , 1×6 , 1×8 , 1×16 , 1×32 .

Система волнового уплотнения WDM (Wavelength Division Multiplexing) или WDM-фильтр объединяет или выделяет (фильтрует) оптические сигналы разных длин волн – каналов в одно волокно или одного волокна в несколько волокон.

Оптический изолятор подобно электрическому диоду пропускает сигнал в одном направлении почти без потерь, а в обратном направлении с большим затуханием. Оптический изолятор применяется в лазерных системах, в оптических усилителях и в ВОЛС.

Аттенюатор (attenuator) используется с целью снижения мощности входного оптического сигнала во избежание уровня искажения сигнала. Аттенюаторы бывают фиксированные (в пределах 0–20 дБ) и переменные (с точностью уставки 0,5 дБ).

Оптический переключатель осуществляет механическую, без оптоэлектронного преобразования, коммутацию входного (двух входных) сигнала в N выходных полюсов (N парных выходных полюсов).

Соединительная муфта (closure connector) – служит, как правило, для соединения оптокабелей разных строительных длин между собой методом сварки и для надежной защиты места сварки.

Выбор соединительной муфты сопряжен с условиями работы муфты: в земле, колодце, под водой, на опоре, в помещении и т. д., а также числом кабельных вводов и кабельных сростков (соединений) внутри муфты.

Оптическая распределительная коробка ОРК (optical distribution box) – крепится на стену и выполняет функцию терминирования волокон (см. выше – терминирование). Розетка в необходимом случае устанавливается на боковой стенке ОРК. Излишки волокон внешнего (полевого) кабеля и пигтейлов укладываются в сплайс-пластину/пластины (splice).

Недостаток ОРК – слабая защищенность ВОК и шнуров, сложность наращивания системы.

Распределительная оптическая панель ОРП (optical distribution panel) – лишена недостатков ОРК, однако имеет повышенную стоимость и усложненную конструкцию для крепления в стойку.

Оптический распределительный шкаф ОРШ (optical distribution cabinet) – является, по существу, ОРК большого габарита для установки на пол или крепления на стену. ОРШ имеет дверь и закрывается на ключ.

ОРК, ОРП и ОРШ представляют собой различные виды оптического распределительного устройства ОРУ. ОРУ предполагает второй способ (сварка с пигтейлами) терминирования волокон.

Оптическая телекоммуникационная розетка является окончательным пассивным элементом ВОЛС, интерфейсом пользователя на его рабочем месте. Европейский стандарт EN 50173 предлагает использование дуплексной розетки с соответствующим адаптером. Волокна оконцовываются пигтейлами или соединителями.

Розетка должна быть:

- совместима с системой кабелепроводов;
- пригодна для волоконного окончания (радиус изгиба, защита от мехповреждений и т. п.);
- пригодна для подключения внешних коннекторов конкретного пользователя.

14.5.16. Выбор защитных труб

В зависимости от типа кабельного изделия (кабель или провод), количества кабельных изделий в потоке электропроводки, области и зоны (взрывоопасная или пожароопасная) применения изделия и способа прокладки возникает необходимость в механической, а также электромагнитной защите кабельного изделия.

Для этой цели используется прокладка электропроводок в защитных трубах, коробах, блоках, каналах, на лотках, кабельных эстакадах и кабельных конструкциях, в земляных траншеях.

Подробнее о способах и материалах электропроводок изложено в главе 16 «Схема расположения». Данные по защитным материалам указываются на схеме соединений (таблице соединений).

На схеме соединений по линии изображения кабеля или пакета проводов указывают (кроме типа (марки) кабеля или провода, сечения и количества жил, длины кабеля или провода) данные защитного изделия. В этих данных указывают длину, тип и размер (диаметр) защитной конструкции (трубы, короба, лотка).

Эти же данные включают в перечень элементов схемы соединений.

14.6. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 2.701-84	ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702-75	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.761-84	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Компоненты волоконно-оптических систем передачи
ГОСТ 21.404-85	СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах

ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
ГОСТ 24.302-80	СТД АСУ. Общие требования к выполнению схем
ГОСТ 6323-79	Провода с поливинилхлоридной изоляцией для электрических установок. Технические условия
ГОСТ 13317-89	Элементы соединения СВЧ трактов радиоизмерительных приборов. Присоединительные размеры
ГОСТ 15845-80	Изделия кабельные. Термины и определения
ГОСТ 20520-80	Провода силовые с резиновой изоляцией
ГОСТ 22483-77	Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров. Основные параметры. Технические требования
ГОСТ 24335-80	Провода термоэлектродные. Технические условия
ГОСТ Р 50571.15-97	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки
ВСН-205-87	Проектирование земляного полотна железных дорог из глинистых грунтов с применением геотекстиля
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
РД 50-34.698-90	Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы требования к содержанию документов
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации

14.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Адаптер	14.5.15
Аттенюатор	14.5.15
Болт	14.4.3
Винтовой зажим	14.4.3
Дисперсия	14.5.15
Длина волны отсечки	14.5.15
Достоинства сетей с ВОК	14.5.15
Затухание	14.5.15
Кабель	14.5.5
Кабельная сборка	14.5.14
Механический сплайс	14.5.15
Многомодовые волокна	14.5.15
Намотка	14.4.3
Недостатки сетей с ВОК	14.5.15
Неразъемный соединитель	14.5.15
Ножевые контакты	14.4.3

Одномодовые волокна	14.5.15
Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF . . .	14.5.15
Оптический разветвитель	14.5.15
Оптический шнур	14.5.15
Оптический изолятор	14.5.15
Оптический переключатель	14.5.15
Оптическая распределительная коробка	14.5.15
Оптический распределительный шкаф	14.5.15
Оптический соединитель	14.5.15
Оптическая телекоммуникационная розетка	14.5.15
Пайка	14.4.3
Пигтейл	14.5.15
Провод	14.5.5
Пружинные клеммы	14.4.3
Разъемный соединитель	14.5.15
Распределительная оптическая панель	14.5.15
Соединение типа сплайс	14.5.15
Соединение типа Termipoint	14.4.3
Соединительная муфта	14.5.15
Ступенчатое одномодовое волокно (SF)	14.5.15
Система подключения с прорезкой изоляции IDC	14.4.3
Система волнового уплотнения	14.5.15
Схема соединений (монтажная)	14.1
Схема подключения	14.1
Термопарные провода или компенсационные провода	14.5.13
Терминирование ВОК	14.5.15
Технические указания	14.2.1
Токопроводящие жилы	14.5.5
Числовая апертура (NA)	14.5.15
Шнур	14.5.5
Ширина полосы пропускания	14.5.15
Электрическая проводка	14.1
FC-соединитель	14.5.15
SC-соединитель	14.5.15
ST-соединитель	14.5.15

14.8. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

1. Алиев И. И., Казанский С. Б. Кабельные изделия. М.: Радиософт, 2002.
2. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи; конструкции и характеристики. М.: Горячая линия — Телеком, 2002.
3. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз, 2000.

Рисунок 14.P1

Таблица данных

Наименование параметра и место отбора импульса	
Категория трубной проводки	
Обозначение чертежа установки	
Поз. обозначение (по спецификации оборудования)	

↑
Направление
от средства
автоматизации

Рисунок 14.P2

Обозначение составного щита/пульты

Щит оператора XXXX-XX-ATX1.2., лист 3	Щит 1 XXXX-XX-ATX1.2. лист 3	
	Щит 2 XXXX-XX-ATX1.2. лист 3	
	Щит 3 XXXX-XX-ATX1.2. лист 3	

Рисунок 14.Р3

**Обозначение внештатового прибора,
соединительной коробки на совмещенной схеме соединений и подключений**

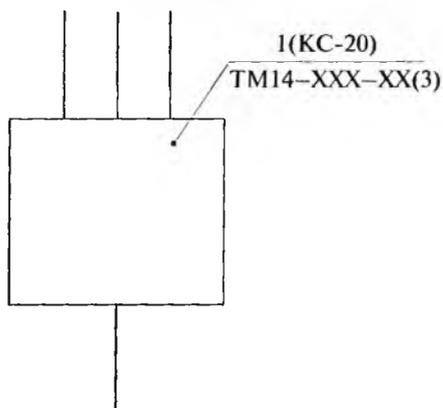


Рисунок 14.Р4

Обозначение единичного средства на щите (стативе)

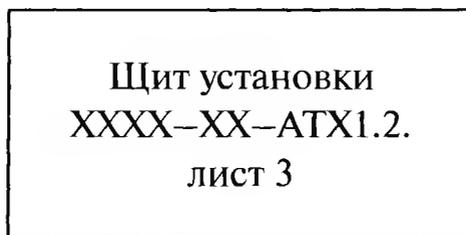


Рисунок 14.Р5

Обозначение протяжной коробки

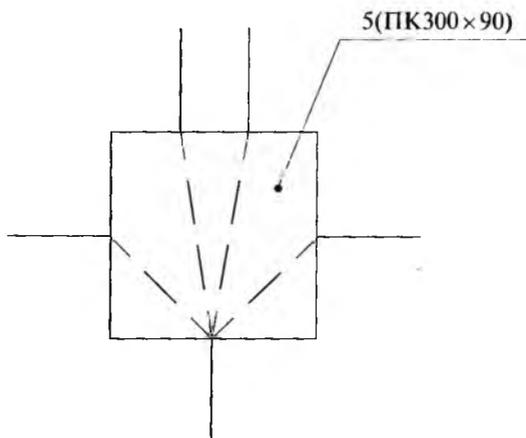


Рисунок 14.Р6

Условные графические обозначения

Наименование	Обозначение
Защитный проводник, присоединяемый к корпусу электрооборудования	
Жила кабеля или провода, используемая в качестве нулевого защитного проводника и присоединяемая к корпусу электрооборудования	
Защитный проводник электрооборудования, присоединяемый к броне, оболочке кабеля или защитной трубе	

Рисунок 14.Р7

Таблица соединений

Кабель, жгут, труба	Направление		Направление по чертежам расположения
	Откуда	Куда	
25	45	45	60

Окончание рис. 14.Р7

Кабель, провод			Труба		Измери- тель- ная цепь	Чертеж установки
Марка, число жил, сечение	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		
	Проек- тируе- мая	Факти- чес- кая				
50	20	20	50	20	20	40

Рисунок 14.Р8

Таблица подключений

Кабель, жгут	Проводник	Вывод	Проводник	Вывод	Адрес связи
20	35	35	35	35	25
185					

Способы зажима и подключения проводов в клеммах

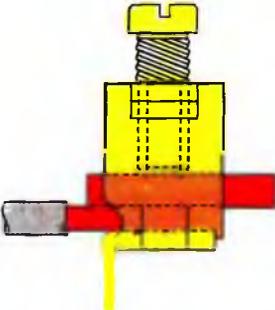
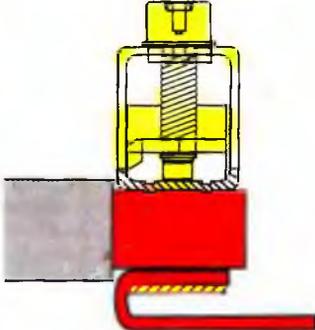
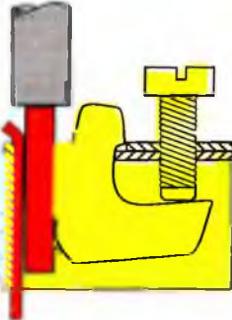
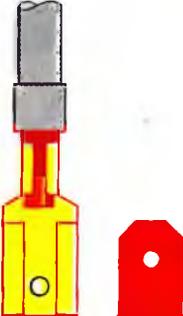
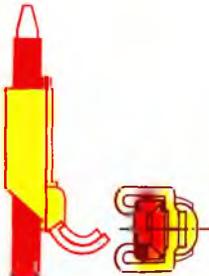
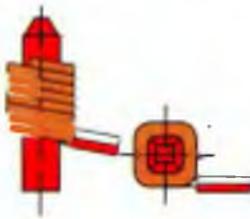
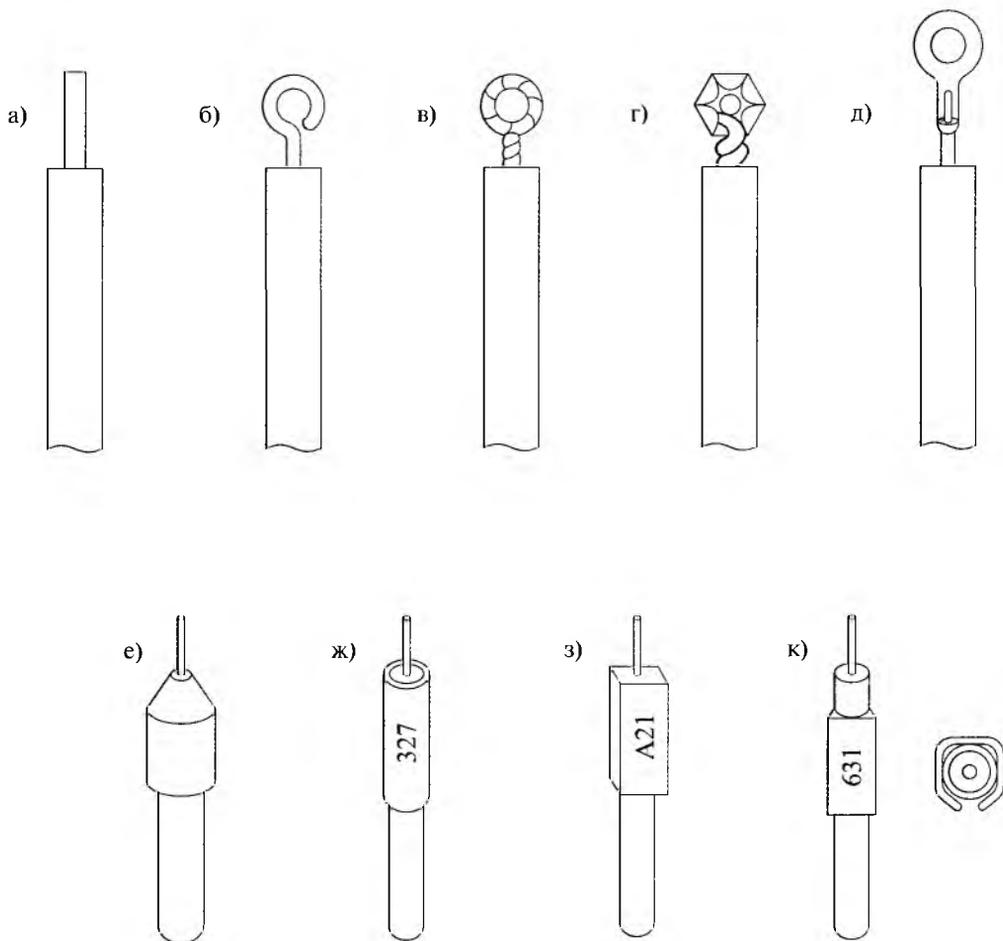
Винтовой зажим	Патентованная система зажима	Способ подключения и зажима проводов типа TOP
		
Пружинный зажим	Соединение прорезкой	Ножевые контакты
		
Соединение пайкой	Соединение типа Termipoint®	Соединение намоткой /Wire-Wrap®/
		

Рисунок 14.Р10

Оконцевание жил кабелей и проводов



Примечание: а – штырем; б – кольцом однопроволочной жилы; в – кольцом многопроволочной жилы; г – шайбовым оконцевателем типа ОШ; д – наконечником; е – оконцевателем типа ОИ; ж – поливинилхлоридной муфточкой ($l \approx 20$ мм); з – оконцевателем типа ОП; к – маркировочной манжеткой типа ММ

**Пример буквенного обозначения контрольных и специальных кабелей,
применяемых в АСУТП**

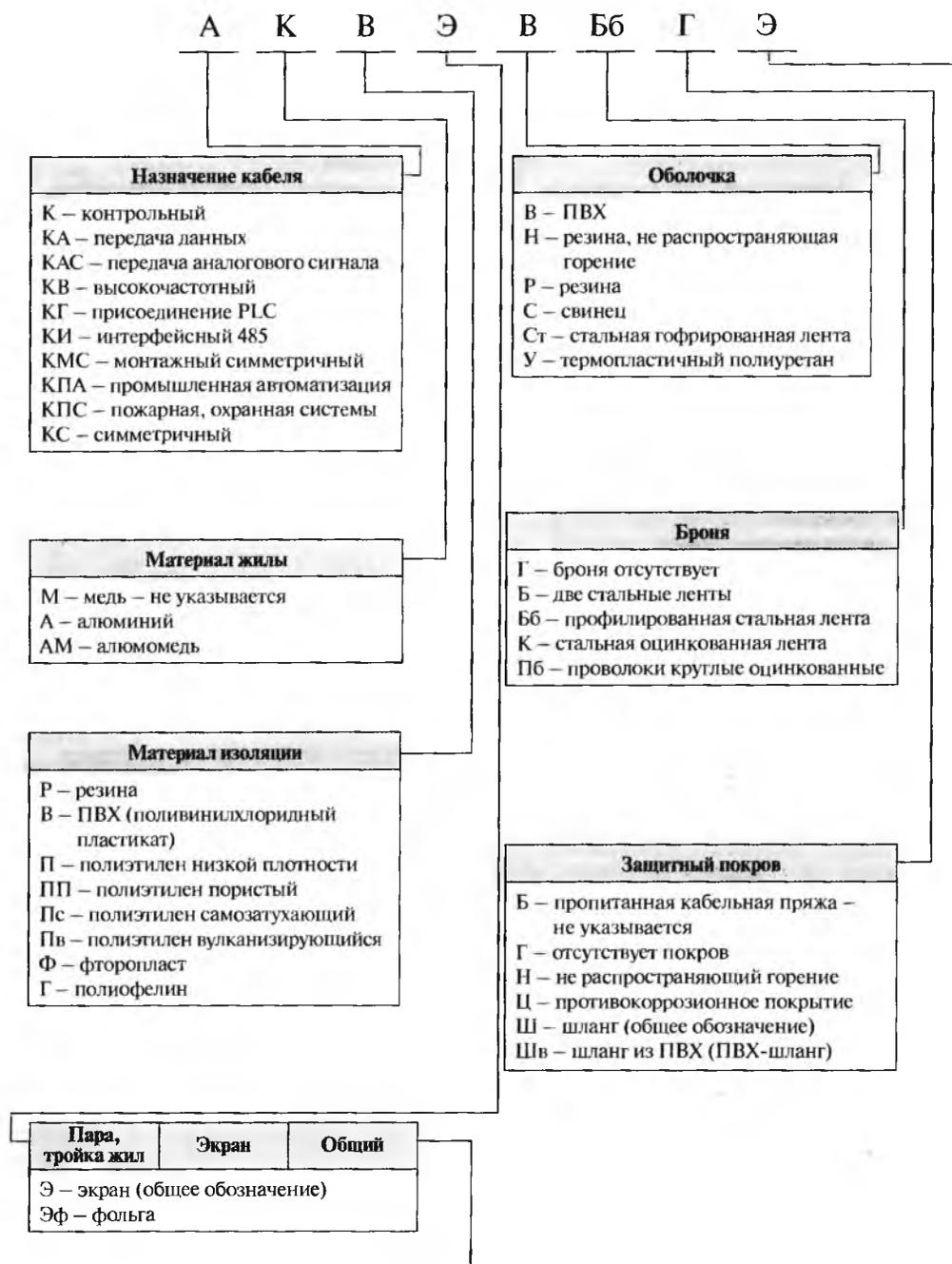
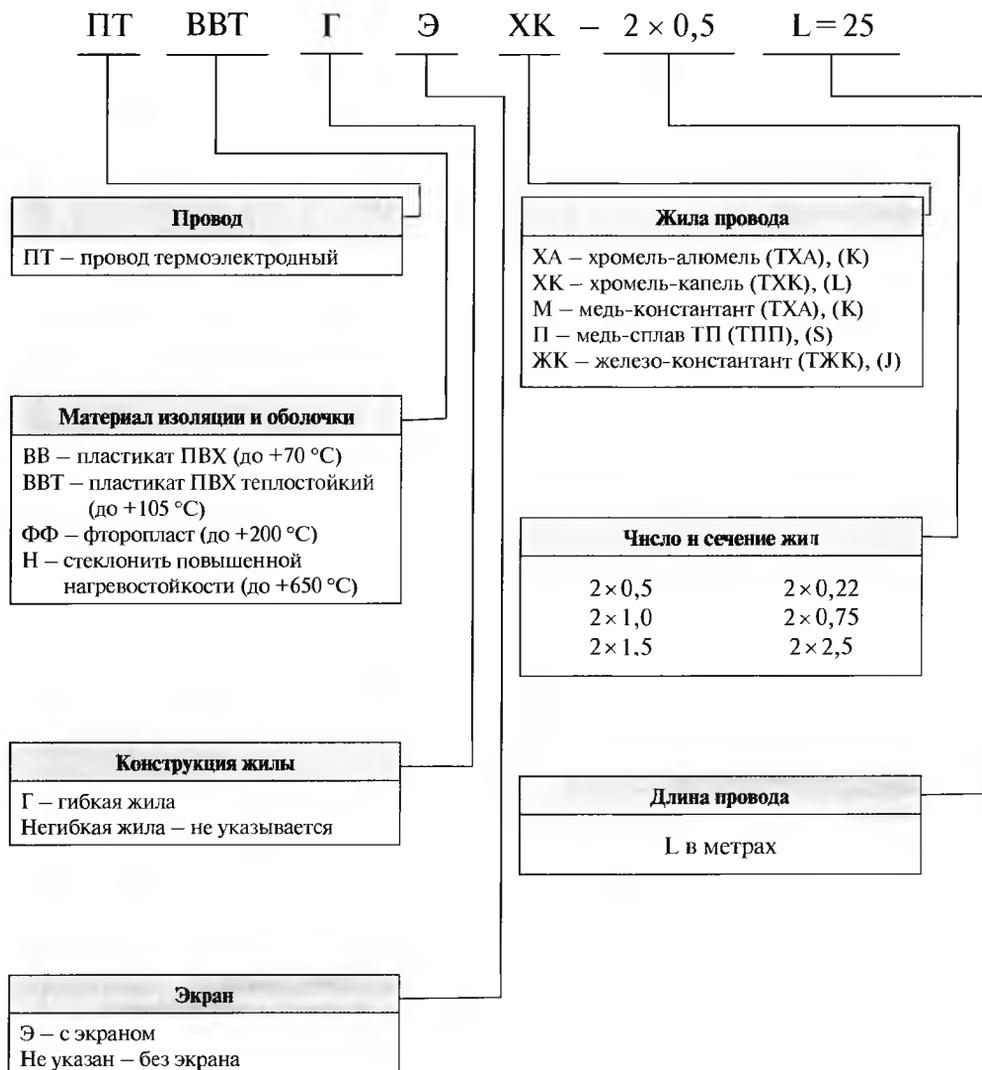


Рисунок 14.Р12

**Пример условного обозначения термоэлектродных
(термопарных, компенсационных) проводов**



Пример обозначения радиочастотного кабеля

Классификация и волновое сопротивление		
Марка	Наименование и особенности конструкции	Волновое сопротивление, Ом
РК	Радиочастотный коаксиальный кабель	50, 75, 100, 150, 200
РС	Радиочастотный кабель с внутренним проводником	50, 75, 100, 150, 200, 400, 800, 1600, 3200
РД	Радиочастотный кабель симметричный или из двух коаксиальных пар	75, 100, 200, 300

Диаметр кабеля по изоляции, мм и вид кабеля	
< 1	Субминиатюрный
1,5 – 2,95	Миниатюрный
3,7 – 11	Среднегабаритный
> 11	Крупногабаритный

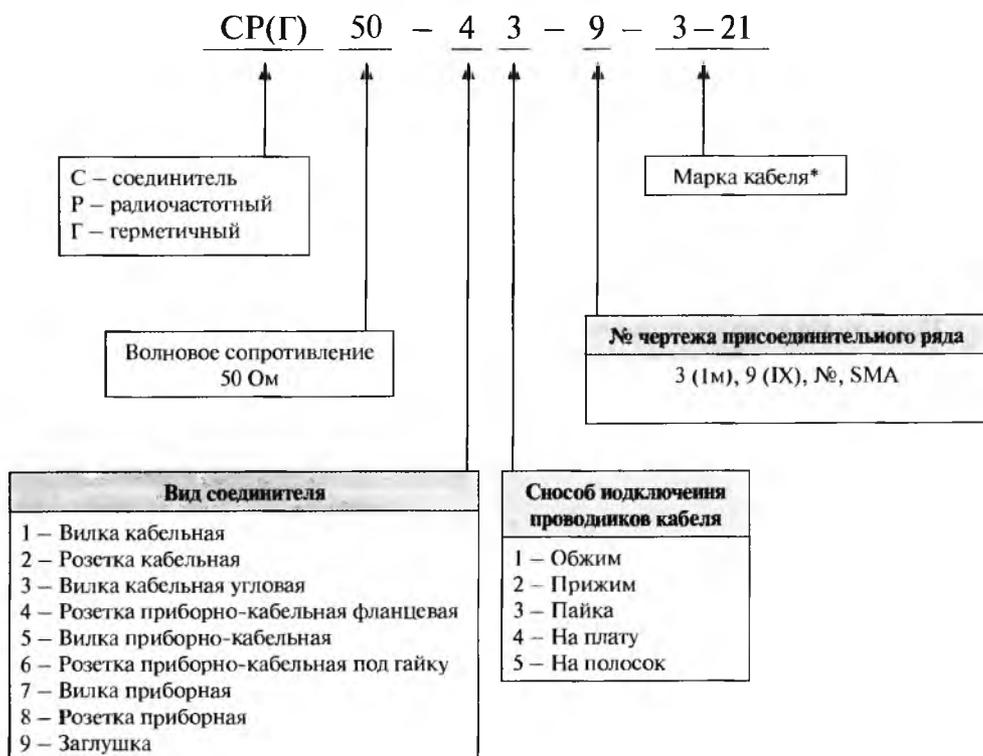
Группа изоляции	
1	Сплошная изоляция из полиэтилена
2	Сплошная изоляция из фторпласта
3	Полувоздушная полиэтиленовая изоляция

PK 50 - 7 - 1 3

Конструктивное исполнение изоляции					Категория теплостойкости изоляции
Тип изоляции		Конструкция изоляции между внутренним и внешним проводниками			
СИ		Пространство между внутренним и внешним проводниками заполнено сплошной изоляцией или обмоткой из изоляционных лент			
	ВИ	На внутреннем проводнике или жилах симметричного кабеля через определенные интервалы имеются шайбы из изоляционных материалов, колпачки или кордель, наложенные по винтовой спирали			
		ПВИ	Пространство между внутренним и внешним проводниками заполнено пористо-пластмассовой изоляцией, корделем с наложенной поверх пластмассовой трубкой или в виде шлицеванной трубки		
Категория нагревостойкости изоляции					
Температура рабочая					
		<125 °С	125–250 °С	>250 °С	
		Обычная	Повышенная	Высокая	
+		+			
+			+		2
	+	+			3
	+		+		4
	+	+			5
	+		+	+	6
Особый					7

Рисунок 14.P14

Пример маркообразования соединителя радиочастотного коаксиального

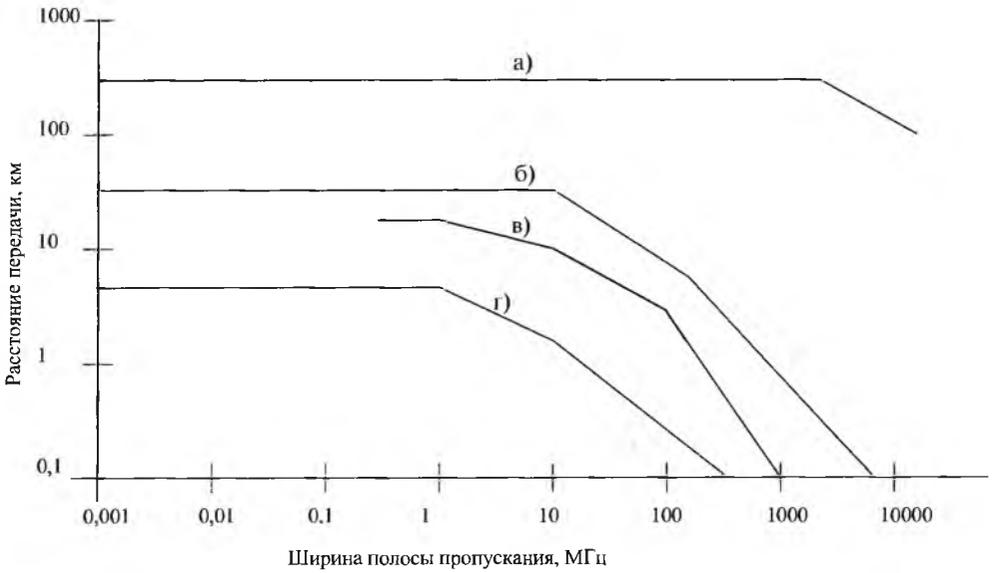


* Марка подсоединяемого кабеля по таблице 14.Т22 содержит:

- вид кабеля (субминиатюрный, миниатюрный, среднегабаритный, крупногабаритный) и диаметр кабеля по изоляции;
- группу изоляции (1, 2, 3);
- категорию теплостойкости изоляции (1, 2, ..., 8).

Рисунок 14.P15

Пропускная способность различных сред передачи



Примечание.

- а – одномодовое волокно
- б – градиентное многомодовое волокно
- в – коаксиальный кабель
- г – симметричный кабель

Рисунок 14.P16

Зависимость затухания от частоты передаваемого сигнала для различных типов проводников

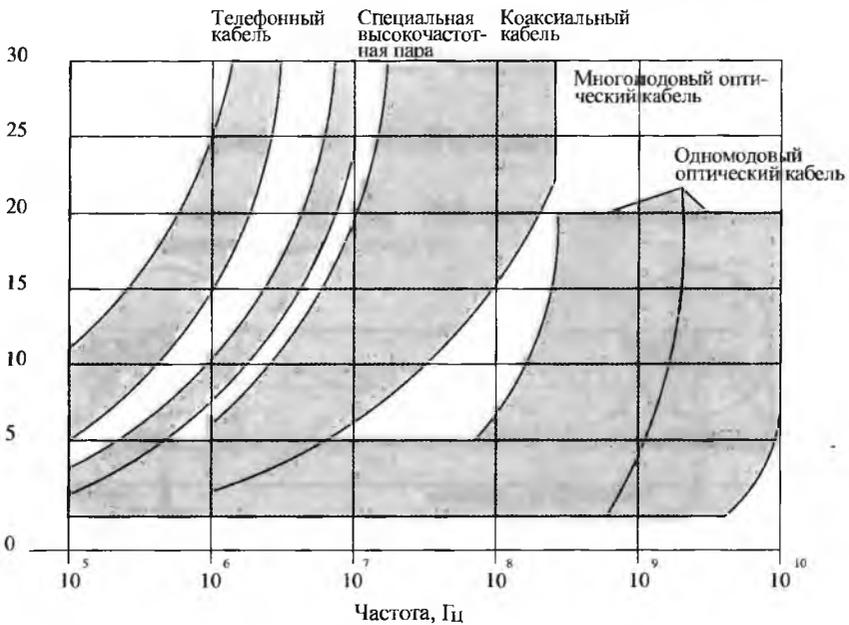


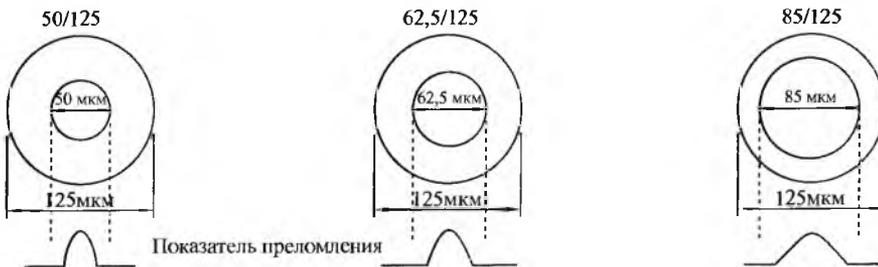
Рисунок 14.P17

Типы оптических волокон

а) Ступенчатое многомодовое волокно



б) Градиентное многомодовое волокно



в) Ступенчатое одномодовое волокно (SF)



г) Одномодовое волокно со смещенной дисперсией (DSF или NZDSF)



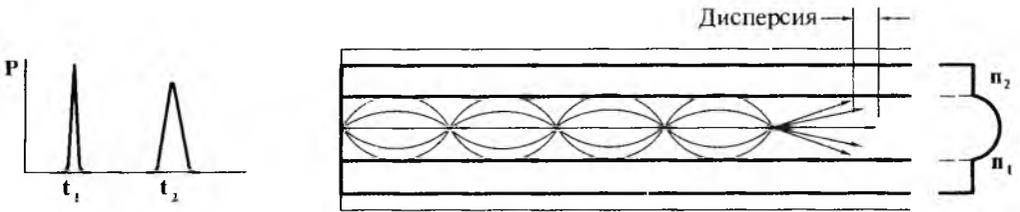
Рисунок 14.P18

Распространение света по разным типам волокон

а) Многомодовое ступенчатое волокно



б) Многомодовое градиентное волокно



в) Одномодовое ступенчатое волокно

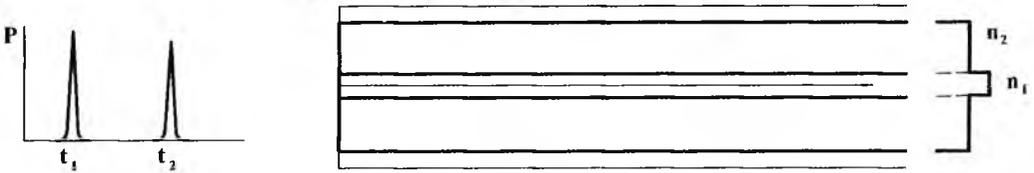
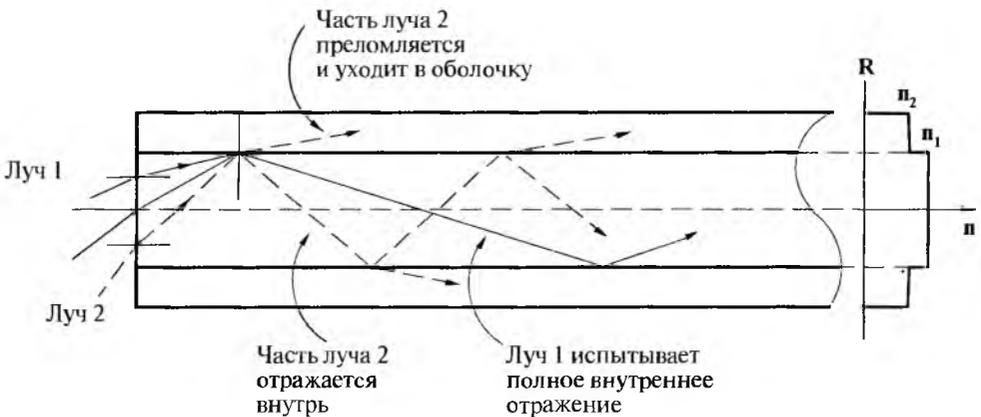


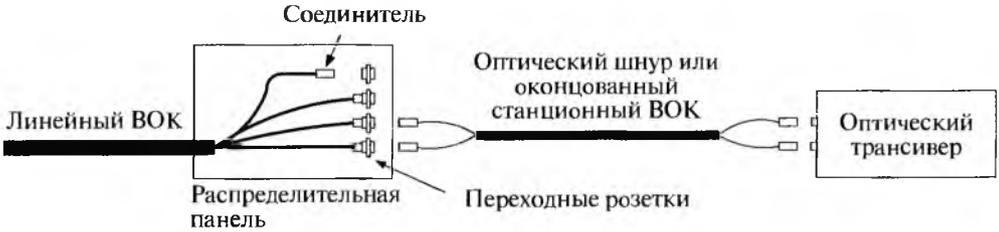
Рисунок 14.P19

Ход лучей в многомодовом оптическом волокне со ступенчатым профилем

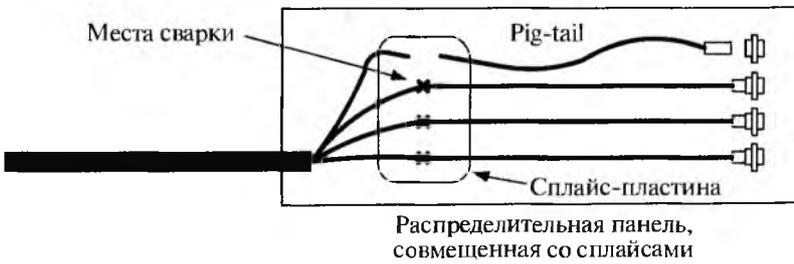


Способы терминирования волокон

а) Непосредственное терминирование



б) Терминирование через сварку с pig-tail-ами



в) Терминирование через сварку с волокнами станционного ВОК

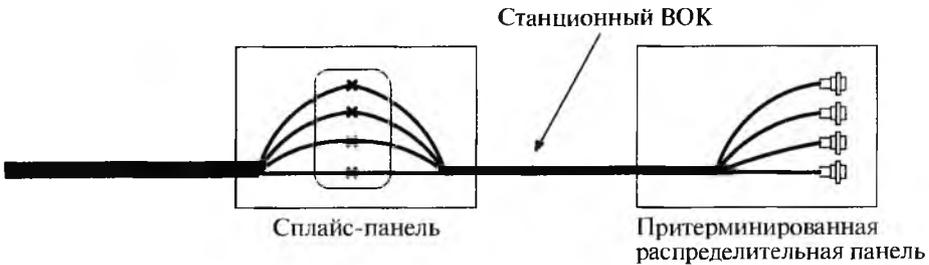
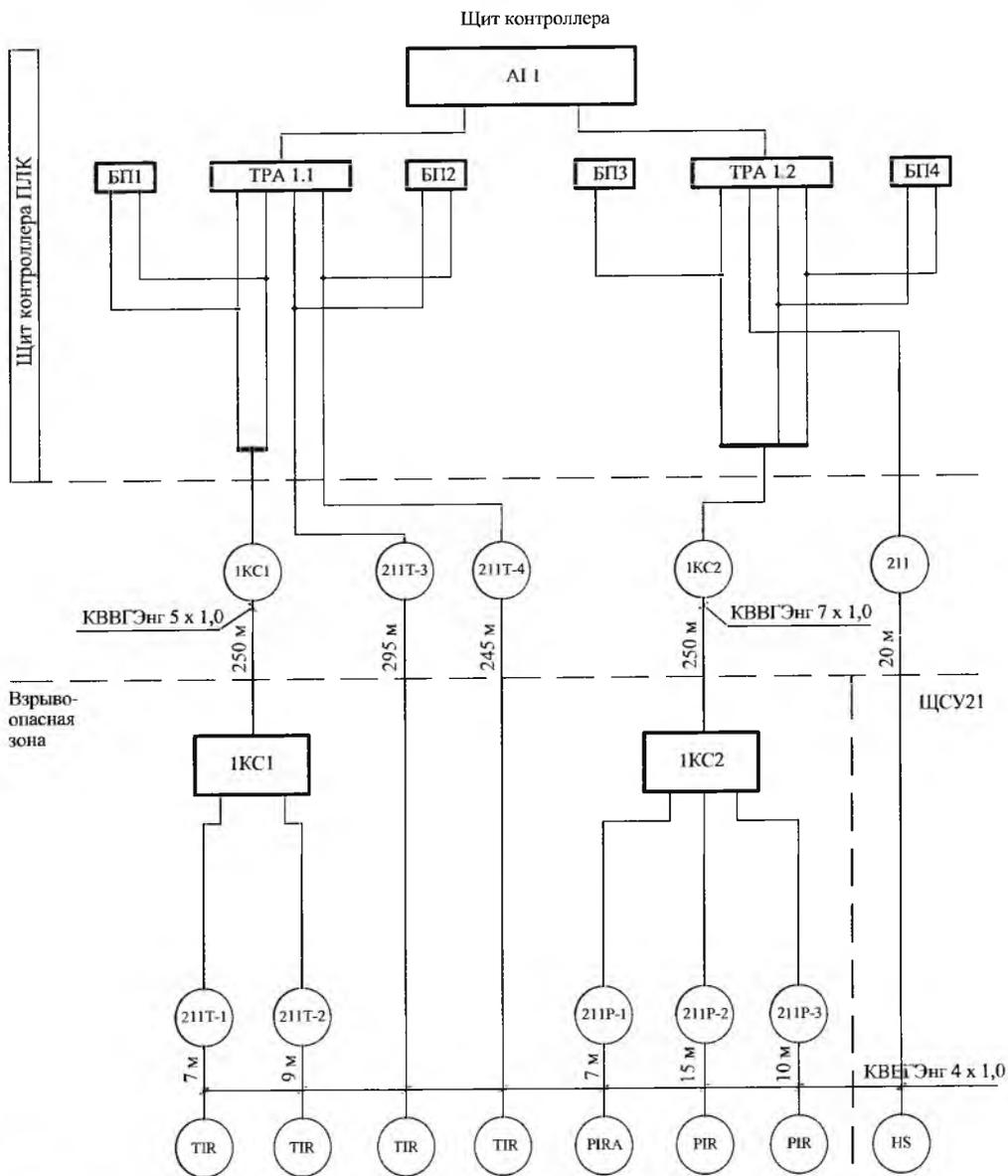
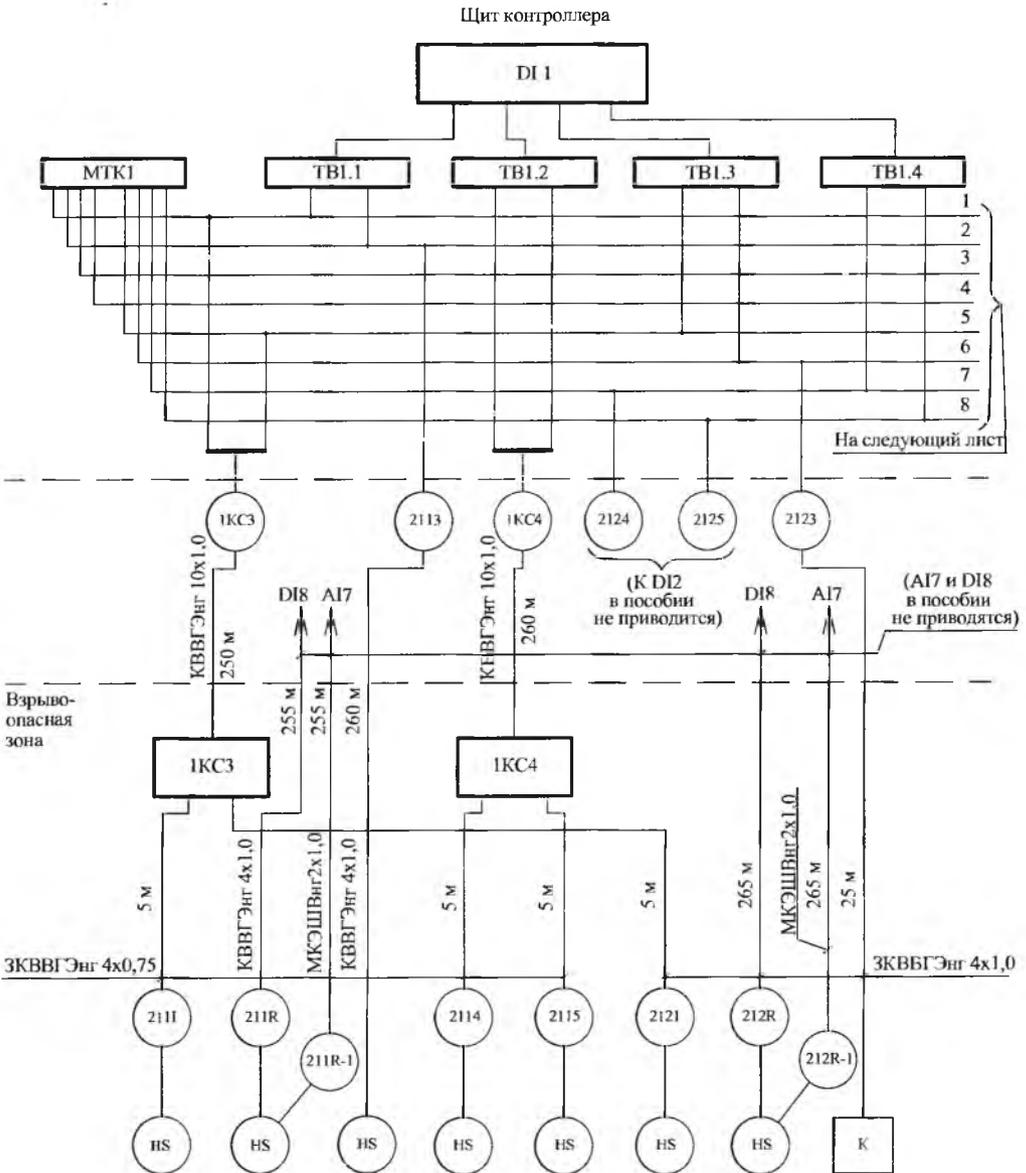


Схема соединений внешних проводов щита ПЛК



Позиция по спецификации	211Т1R-1	211Т1R-2	211Т1R-3	211Т1R-4	211П1R-1	211П1R-2	211П1R-3	211
Вид полевого средства	Термометр сопротивления				Манометр	Мановакуумметр		Трансформатор тока
Функция, место установки	Температура				Давление после насоса	Давление/разряжение		Ток электродвигателя
	после насоса	после теплообм.	в коллекторе			перед насосом	перед фильтром	
Объект	Насосная станция мазута № 21							ЩСУ 21

Продолжение схемы 14.Сх1



	211П	211R	2113	2114	2115	2121	212R	2123
	L	R	L	A	Б	R	A	
	Управление	Регулирование	Управление			Управление	Регулирование	Управление
	Насосная станция мазута № 21 (насос 211)					Насосная станция мазута № 21 (насос 212)		

Щит контроллера

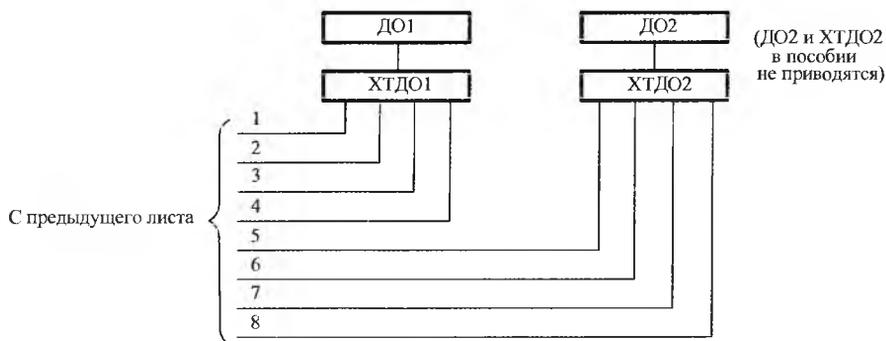
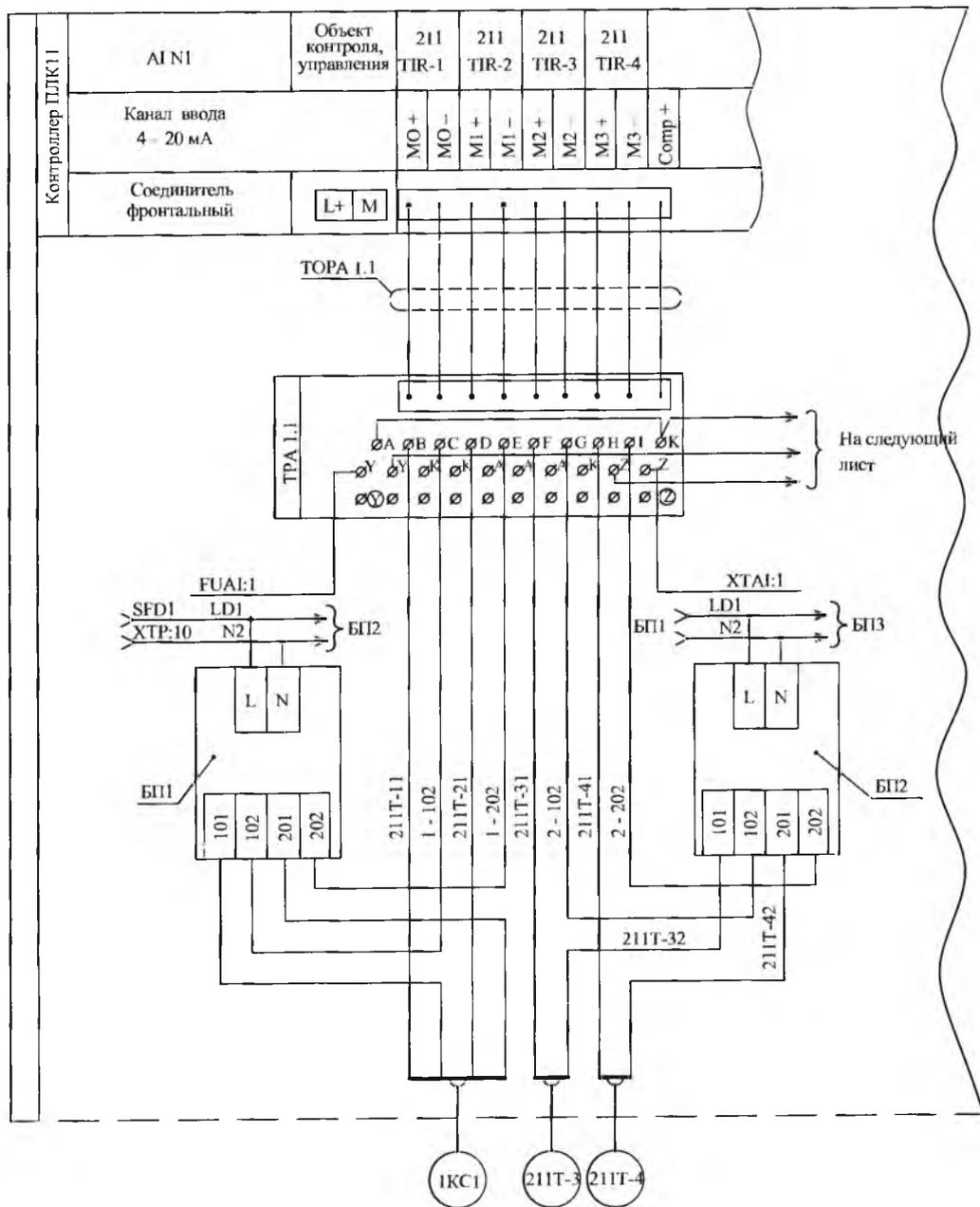
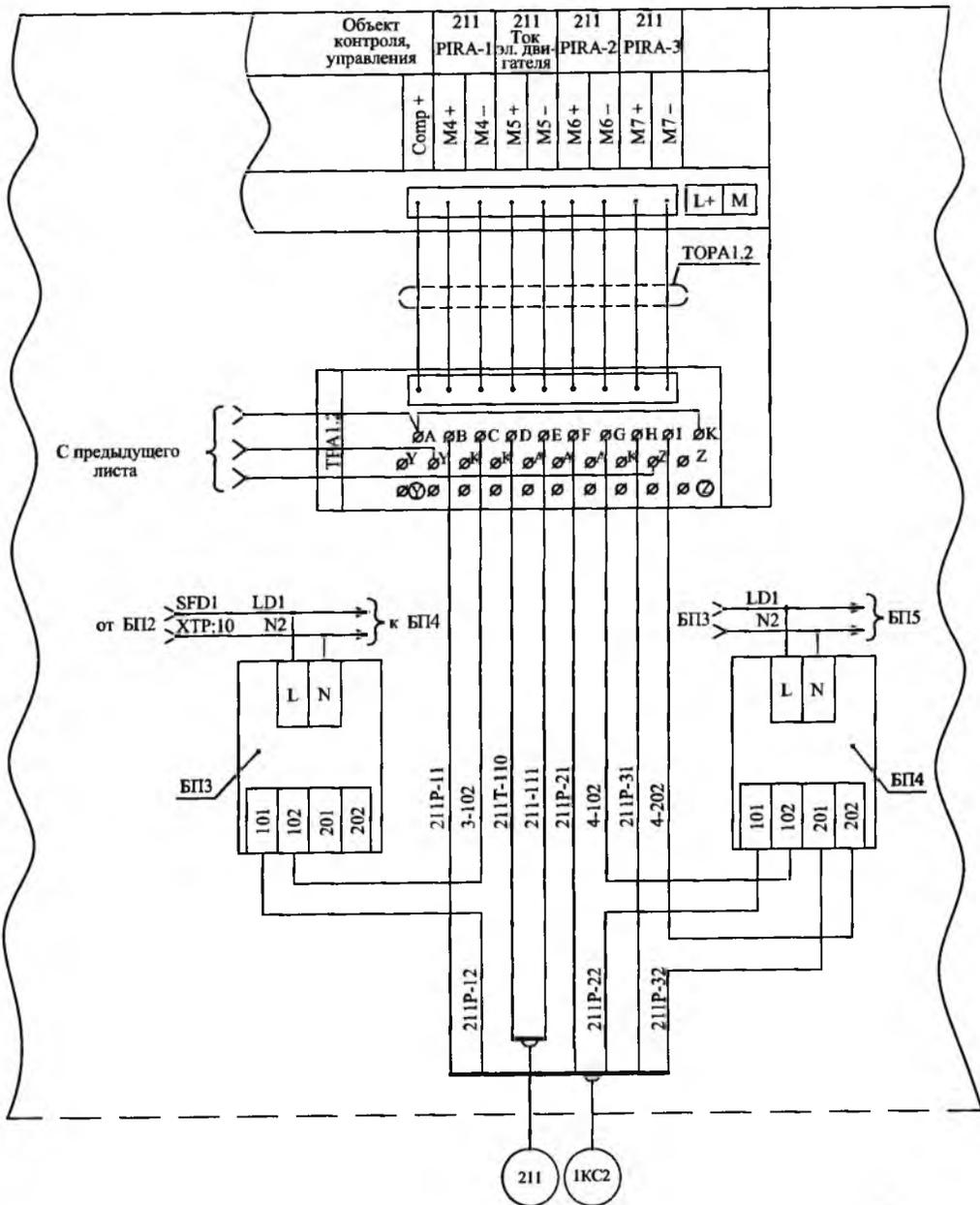


Схема подключений внешних проводов щита ПЛК

а) Модуль Ai

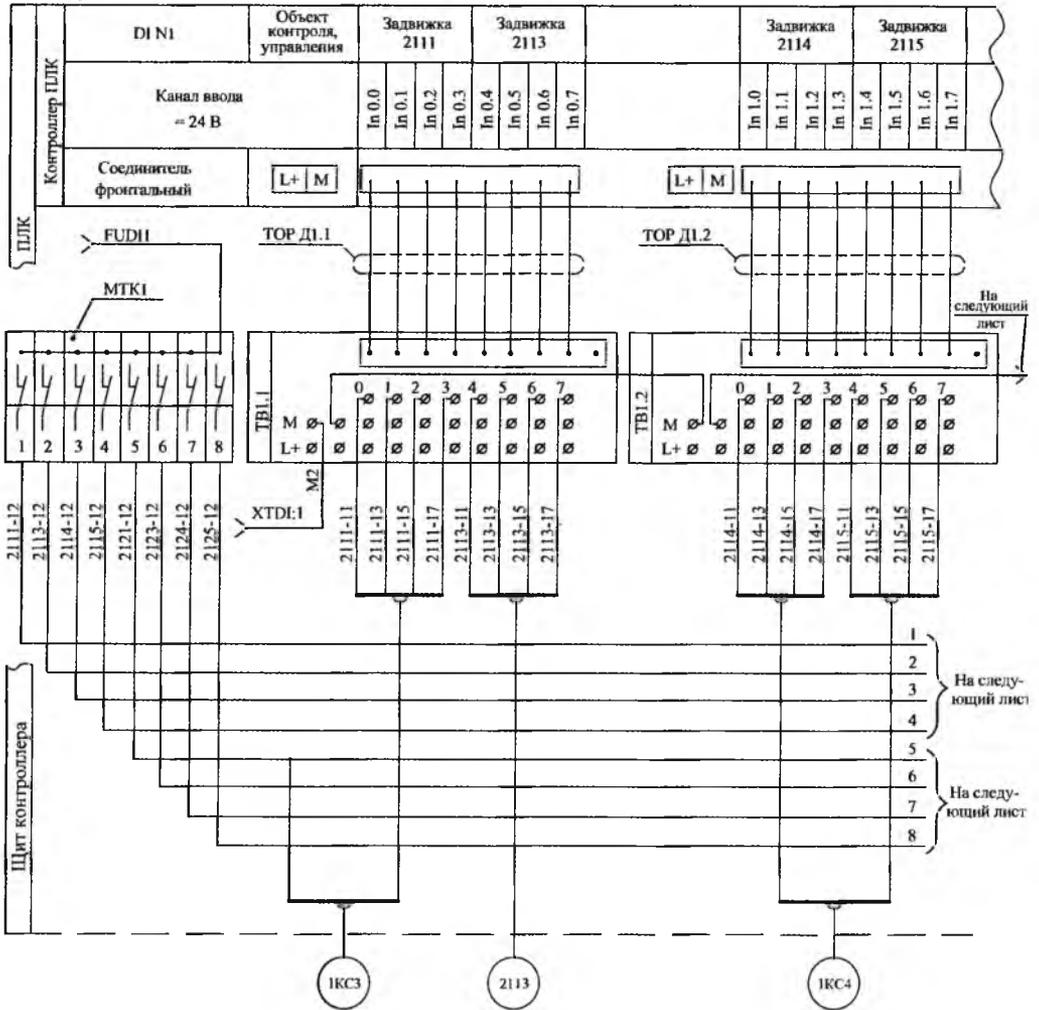


а) Модуль Ai



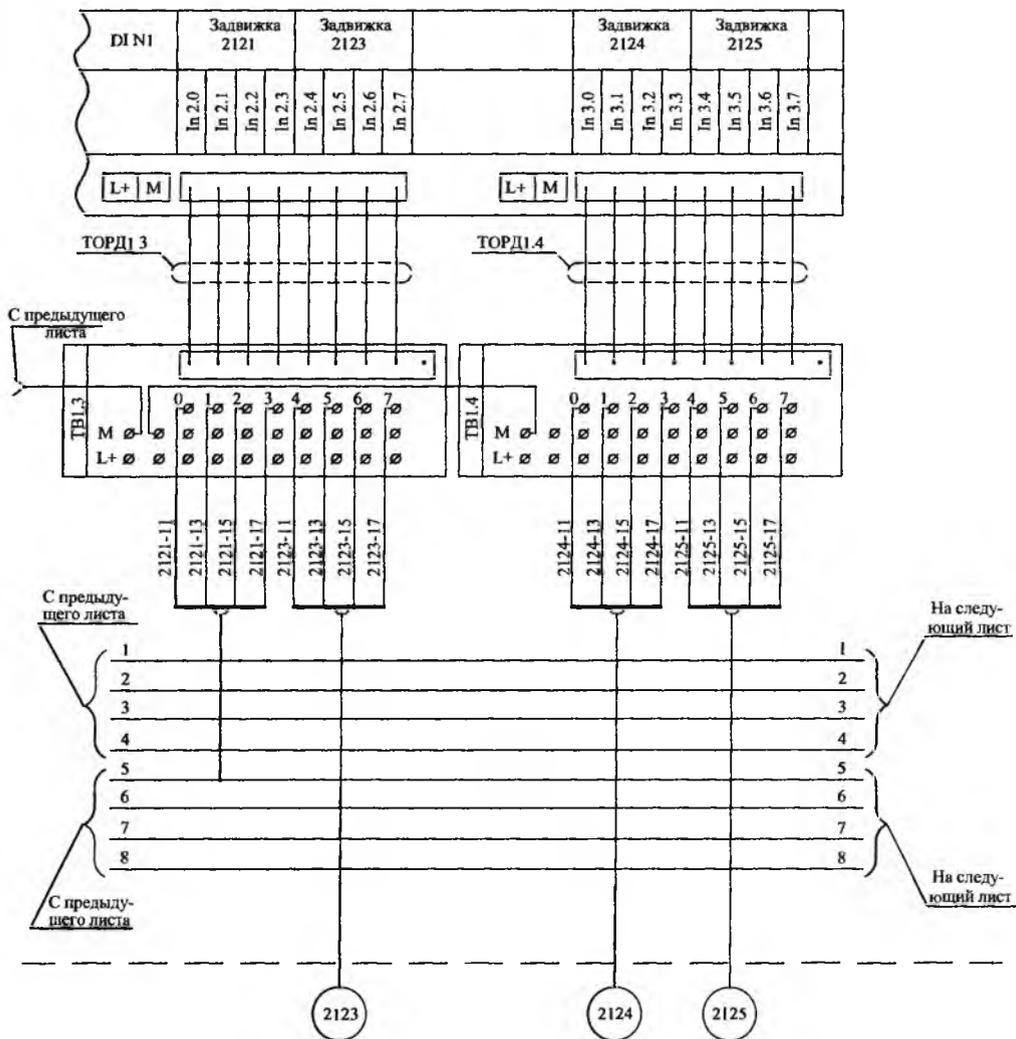
Продолжение схемы 14.Сх2

б) Модуль Di



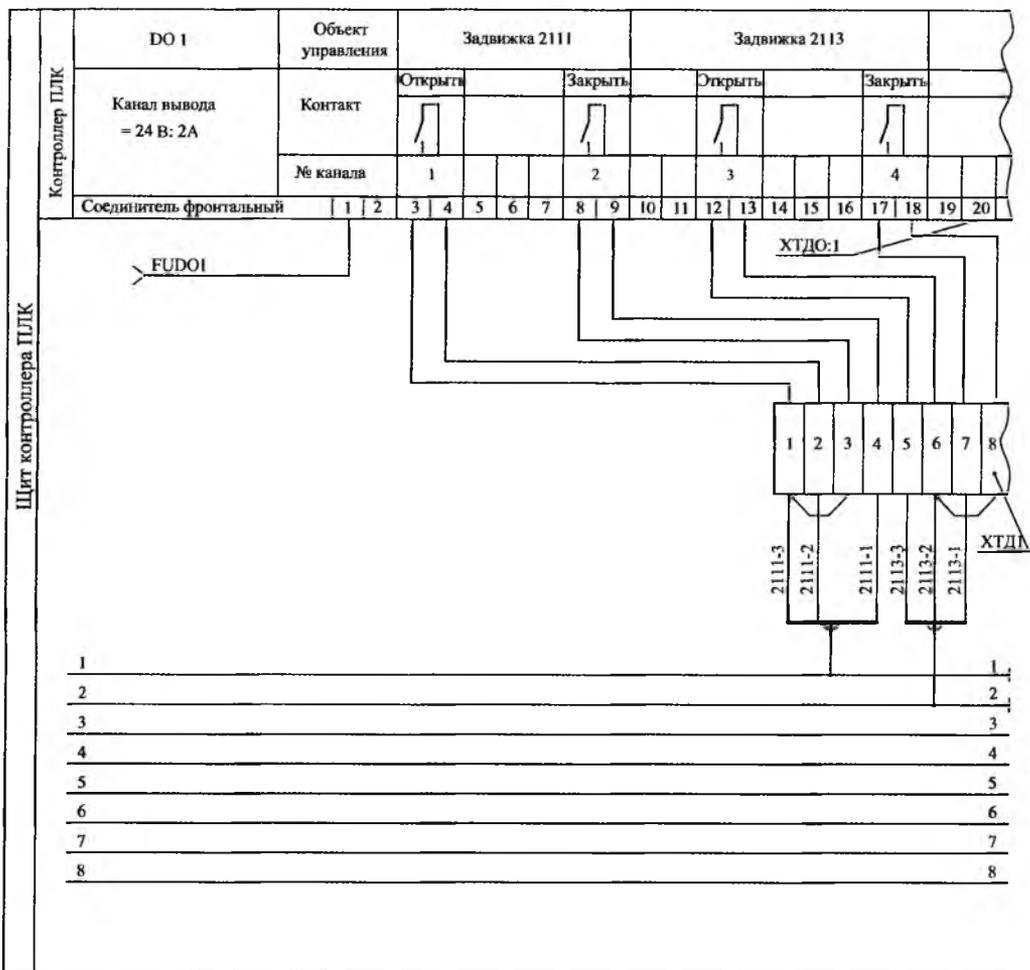
Продолжение схемы 14.Сх2

б) Модуль Di



Продолжение схемы 14.Сх.2

в) Модуль Do



в) Модуль Do

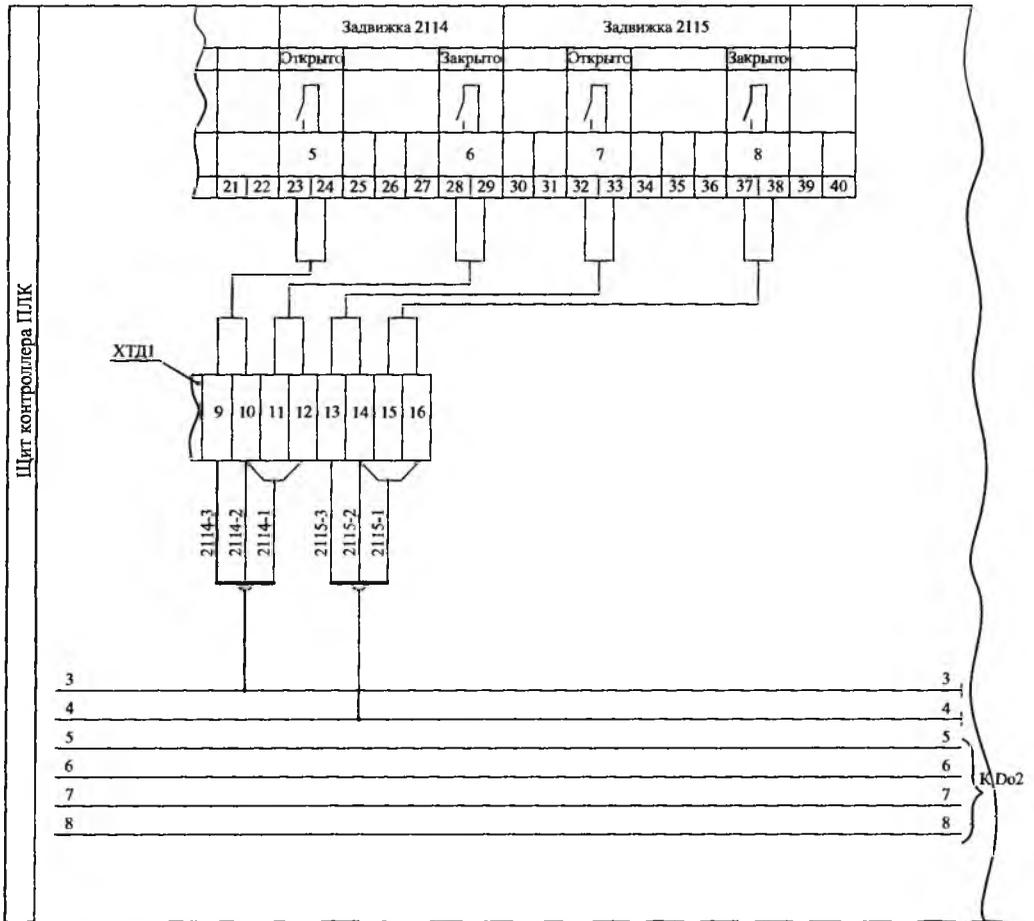
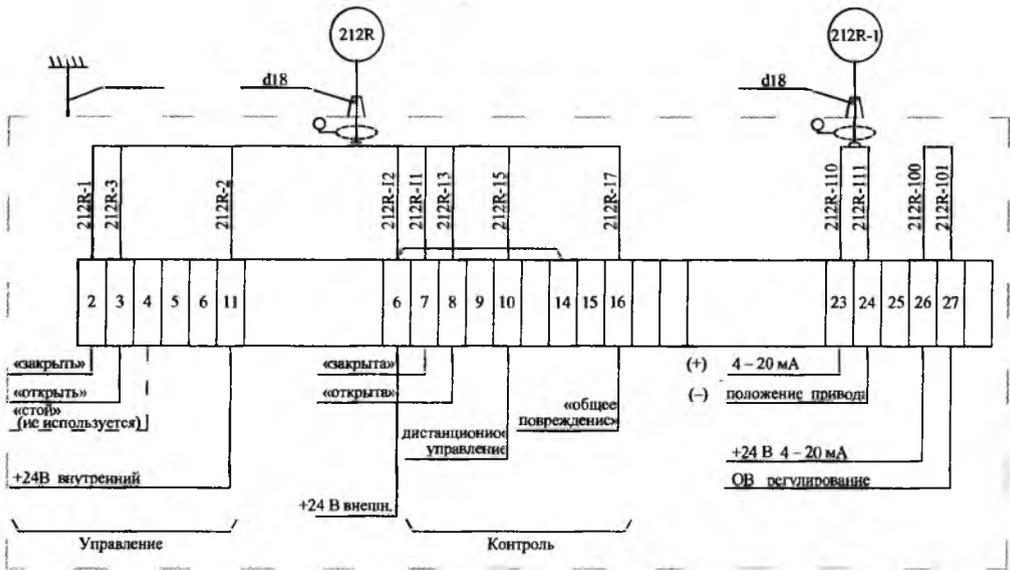
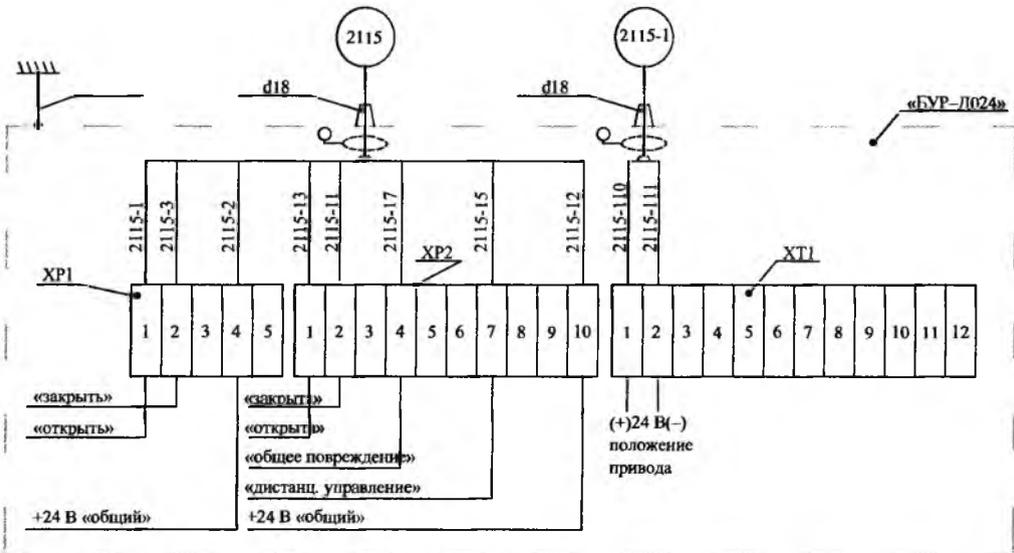


Схема подключения цепей управления и контроля электропривода задвижки

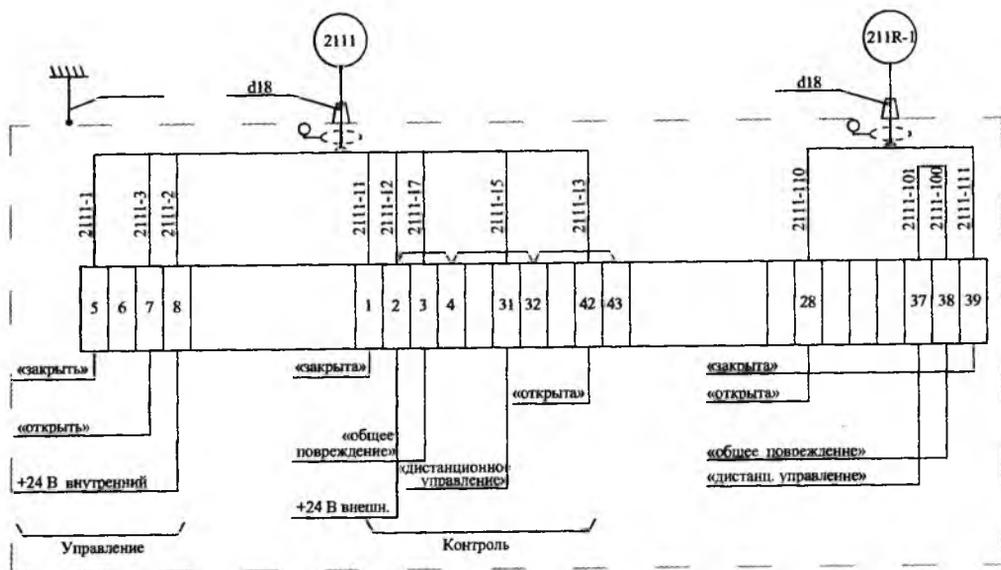
а) «AUMA»



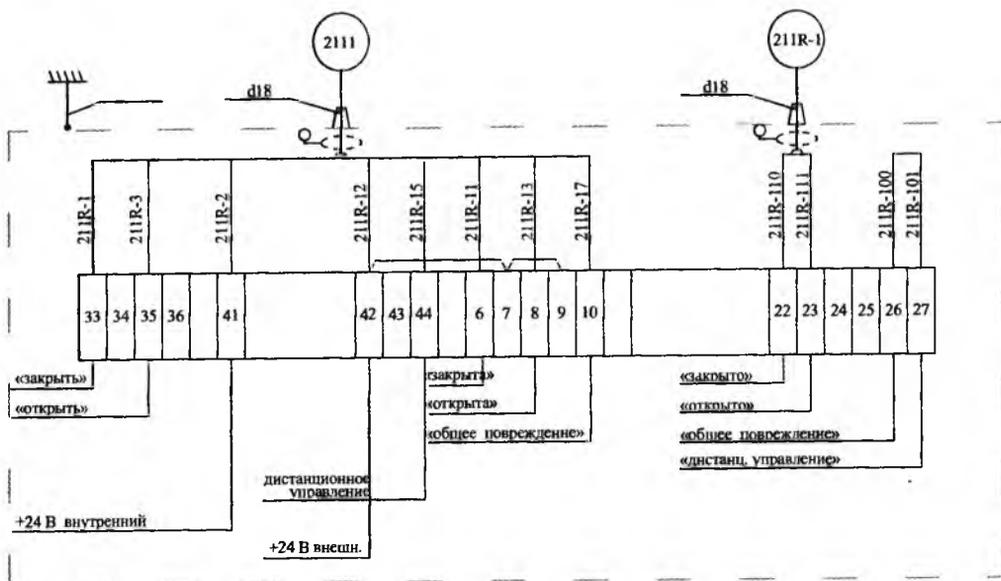
б) «ELESYB», г. Томск



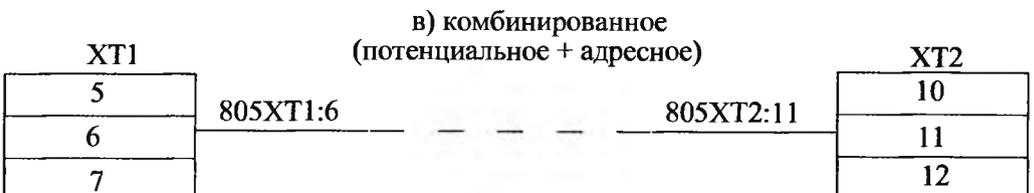
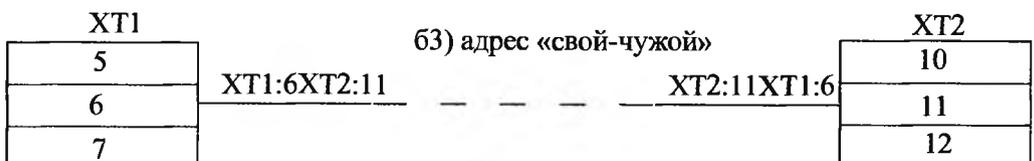
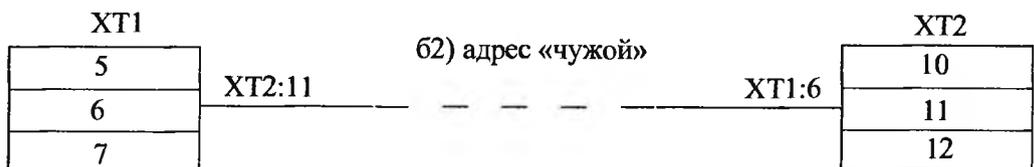
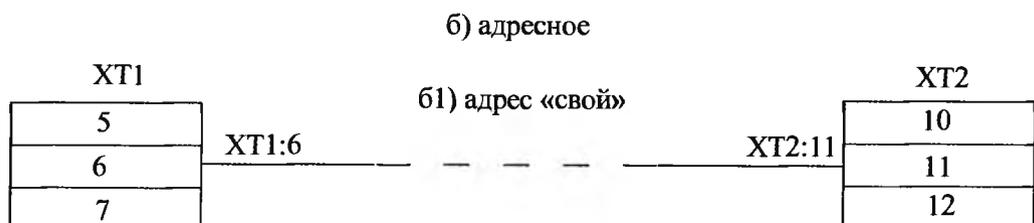
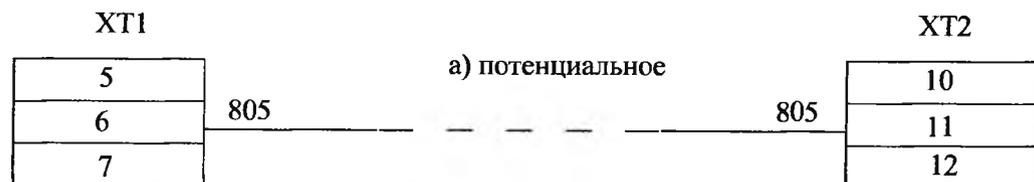
в) «LIMITORQUE»



г) «ROTORK»



Виды обозначений проводников во внутренних проводках щитов/пультов



**Рекомендации по использованию методов выполнения схем
соединений электрических проводов**

Метод выполнения схем соединений	№ метода	Используется отдельной схемой или включения	Рекомендуется по применению метода выполнения схем соединений	Примечание
Графический	1.1	Нет	Малонасыщенная аппаратурой, простые элементарные электрические цепи АСУТП; трубные проводки	п. 4.5.1.3 ГОСТ 21.408-93
	1.2	Да	Во всех случаях	
Комбинированный (графический, частично совмещенный с таблицей соединений)	2.1	Нет	Использование невозможно	
	2.2	Да	Небольшое количество сложных соединений электропроводок, многожильных магистральных кабелей	
Упрощенный, с таблицей соединений	3.1	Нет	Использование невозможно	
	3.2	Да	Сложные соединения электропроводок, многожильных магистральных кабелей; во всех случаях	п. 4.5.2.9 ГОСТ 21.408-93
Табличный	4.1	Нет	Очень малое число линий контроля, измерения, управления	Схема соединений переходит в схему подключений
	4.2	Да	Значительное число линий контроля, измерения, управления; простая технология соединений	Обязательная разработка схем подключений

Таблица 14.Т2

**Группы и категории трубопроводов систем автоматизации
в зависимости от заполняемой среды и рабочего давления**

Область применения назначение трубопроводов	Заполняемая среда и ее параметры	Группа трубопроводов	Категория трубопроводов
Командные и питающие системы пневмо- и гидроавтоматики, обогревающие и охлаждающие	Вода, воздух $P_p \leq 1,6$ МПа (16 кгс/см ²)	В	V
Командные системы гидроавтоматики	Масло при $P_p \leq 2,5$ МПа (25 кгс/см ²)	А _б	II
	• • • $P_p > 2,5$ МПа (25 кгс/см ²)		I
Импульсные, дренажные и вспомогательные	Воздух, вода, пар, инертные газы, трудногорючие и негорючие газы и жидкости при P_p до 10 МПа (100 кгс/см ²)	В	По ПБ 03-585-03
	Другие газы и жидкости		По ПБ 03-585-03

Таблица 14.Т3

Методы выполнения схем соединений проводов внутри щита

Метод выполнения схемы	Средства автоматизации СА		Сборка зажимов		Цепи				
	Марка		Сборка	Марка	Условная линия			Маркировка	
	СА	контакт			Условное изображение	Одн. вол.	Жгут, пучок	Концы СА и СИ	Потенциал цепи
Графический	(+)	(+)	+	(+)	+	+	-	+	-
Адресный	+	+	+	+	-	-	+	(+)	+*
Табличный	+	+	-	-	+	-	-	+	-

Таблица 14.Т4

Табличный метод схемы соединений

Номер щита	Соединения*	Номер рейки	Соединения*
1	3В - 2В - 1В	35	2С - 1РП
2	3В - 2В - 1В		2 23
9	6П - 3С - 3е 1 3	36	2С - 1РП
			4 22
10	5П - 3С - 3е 3 1	37	2С - 1РП
			5 21
11	4П - 1Тр - 5В 2	38	2а - 1а
			20 5
12	3П - 1Тр - 5В 1	39	2а - 1а
			16 6
13	2П - 1R - 2R - 1РП - 2С 2 1 а 7	40	2а - 1а
			12 7
14	1П - 2С 6	41	1С - 2а
			13 15
17	1Тр - 4В 4	42	1С - 2а
			12 9
18	1Тр - 4В 3	43	1С - 2а
			11 18
21	8П - 1а 2	44	1С - 2а
			10 10
22	7П - 1а 1	45	1с - 2а
			9 4
23	10П - 1а 2	46	1С - 2а
			8 3
24	9П - 1а 3	47	1С - 2а
			7 13
25	3С - 3е 2 2	48	1б - 1а
			3 21
26	1R - 2ЛС - 2ЛС 1	49	1б - 1а
			2 20
27	2R - 3ЛС - 4ЛС 2	50	1б - 1а
			1 19
28	1ЛС - 1РП 14	51	1с - 1а
			6 22
29	2ЛС - 1РП 13	52	1С - 1а
			5 23
30	3ЛС - 1РП 12	53	1С - 1а
			4 24
31	4ЛС - 1РП 11	54	1С - 1а
			3 25
32	2С - 1РП 3 6	55	1с - 1а
			2 26
33	1С - 1а 1 27	56	1а - заземлить
			28
34	2С - 1РП 1 24		

* Указывается номер щита или панели, марка провода и сечение.

Виды маркеров кабелей и проводов

Иллюстрация маркера		PY	PA	PC	PCA	PT	PO/POK	PKT/PKM			
											
											
Сфера применения		Насадка до подключения	Насадка до подключения	Насадка в любое время	Насадка в любое время с защелкой	Насадка до подключения	Насадка до подключения	Насадка до подключения			
Область применения		провод электроники	провод, кабель	провод, кабель	провод, кабель	провод, кабель	кабель	кабель			
Применение	Сечение, мм ²	тонк.	1,0	1,3	2,4	2,2	1,3	—	—		
		толк.	2,0	16,0	6,2	6,0	16,0	—	—		
	диаметр, мм	тонк.	0,2	0,2	0,4	0,5	0,22	—	—		
		толк.	0,7	70,0	5,0	6,0	75,5; 400,0	—	—		
изоляция, мм		—	—	—	—	0,3–16,0 1,1–42,0	1,3–8,0	16,5; 19,0; 22,0; 28,0; 35,0			
Маркер	высота, мм		3,3	3,6–16,5	3,6–6,5	9–13	5,5–15,0	—	—		
	ширина, мм		3,5	3,5–11,0	3,7–6,9	4	6,5–9,5	—	—		
	цифры, шт	3	24	3; 4; 6	6–39	3; 4	2–39	4; 12	15; 21	4	неогр.
	число звуков	1	12	1	2–21	1	4–21	1; 3	10; 16; 24	1	неогр.

Виды манжеток, держателей и хомутиков

Изображение	PK	PM		POH	PKS	PKH	PKB	PPS	PF/PEK	
	 	 	 	 	 	 	 	 		
Назначение изделия	Манжетка	Держатель		Держатель	Держатель из стали+шильдик	Держатель	Хомутик, бандероль	Хомутик, бандероль из стали	Шильдик, этикетка	
Толщина, мм	—	1,5; 2,2	2,2	1,0	—	—	—	0,25	—	
Ширина, мм	—	—	—	9,5	10,3	12	3,6	4,6	9,5	
Длина, мм	4	6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 27; 30; 33; 39	20	33; 66	60; 82; 110	5,5; 77-128	70; 110	140	201; 360	17
Вид крепления	Надвиг на держатели	Надвиг на держатели	PKB	PKB	PKB	PKB	PKB	PKB	PKB	Вставляется в манжетку, держатель
Число отверстий на изделии	1	Зависит от длины	1 этикетка	2; 3 этикетки	Зависит от длины	Зависит от длины	Зависит от длины	—	—	—
Число знаков	1	2-21	—	—	—	1-86	—	—	—	Зависит от шрифта

Таблица 14.Т8

Ориентировочное (расчетное) сопротивление медных и алюминиевых жил проводов и кабелей различного диаметра и сечения при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Диаметр жилы, мм	Сечение жилы, мм ²	Сопротивление медной жилы, Ом/км	Сопротивление алюминиевой жилы, Ом/км	Примечание
0,357	0,1	178	—	
0,4	0,126	141,648	—	
0,5	0,196	90,655	—	
0,52	0,212	83,815	—	
0,6	0,283	62,955	—	
0,64	0,322	55,331	—	
0,7	0,385	46,252	—	
0,8	0,503	35,412	—	
0,9	0,636	27,980	—	
0,9772	0,75	23,733	—	
1,1	0,950	19,042	—	
1,1284	1,0	17,8	27,8	
1,2	1,131	15,738	—	
1,37	1,5	11,867	—	
1,78	2,5	7,12	11,12	
2,24	4,0	4,45	6,95	
2,73	6,0	2,967	4,63	
3,55	10,0	1,78	2,78	
4,50	16	1,113	1,738	
5,642	25	0,89	1,112	
6,676	35	0,509	0,794	

Окончание табл. 14.Т8

Диаметр жилы, мм	Сечение жилы, мм ²	Сопротивление медной жилы, Ом/км	Сопротивление алюминиевой жилы, Ом/км	Примечание
7,979	50	0,356	0,556	
9,441	70	0,254	0,397	
11,284	100	0,178	0,278	
12,361	120	0,148	0,232	

Таблица 14.Т9

Минимальные сечения проводников по ГОСТ Р 50571.15-97

Типы электроустановки		Назначение цепи	Примечание	
			Материал	Сечение, мм ²
Стационарные электроустановки	Кабели и изолированные проводники	Силовые и осветительные цепи	Медь	1,5
		Цепи сигнализации и управления	Алюминий Медь	2,5 (см. примечание 1) 0,5 (см. примечание 2)
	Неизолированные проводники	Силовые цепи	Медь Алюминий	10 16
		Цепи сигнализации и управления	Медь	4
Гибкие соединения с изолированными проводниками и кабелями	Внутренний монтаж в приборах и устройствах	Медь	По нормам и требованиям соответствующих стандартов	
	В остальных случаях		0,75 (см. примечание 3)	
	В цепях сверхнизкого напряжения для специального применения		0,75	

Примечания:

1. Оконцеватели, применяемые для оконцевания алюминиевых проводников, должны быть испытаны и предназначены для этой цели.
2. Для цепей сигнализации и управления, предназначенных для электронного оборудования, минимально допустимый размер сечения проводников 0,1 мм².
3. Примечание 2 относится также и к многожильным гибким кабелям, имеющим семь и более жил.

Таблица 14.Т10

Британские и американские измерения для кабелей и проводов

Согласно правилам США измерения медных проводников для передачи электроэнергии и данных обычно выражаются в AWFG Nos.*. Далее следуют соответствующие величины:

AWG №.	Диаметр, мм	Сечение, мм ²	Сопротивление, Ом/км	AWG №.	Диаметр, мм	Сечение, мм ²	Сопротивление, Ом/км
500 MCM	17,96	253	0,07	18	1,024	0,823	23,0
350 MCM	15,03	177	0,10	20	0,813	0,519	34,5
250 MCM	12,70	127	0,14	22	0,643	0,324	54,8
0000(4/0)	11,68	107,2	0,18	24	0,511	0,205	89,2
000(3/0)	10,40	85,0	0,23	26	0,405	0,128	146
00(2/0)	9,27	67,5	0,29	28	0,320	0,0804	232
1/0	8,25	53,5	0,37	30	0,255	0,0507	350
1	7,35	42,4	0,47	32	0,203	0,0324	578
2	6,54	33,6	0,57	34	0,160	0,0200	899
4	5,19	21,2	0,91	36	0,127	0,0127	1426
6	4,12	13,3	1,44	38	0,102	0,00811	2255
8	3,26	8,37	2,36	40	0,079	0,00487	3802
10	2,59	5,26	3,64	42	0,064	0,00317	5842
12	2,05	3,31	5,41	44	0,051	0,00203	9123
14	1,63	2,08	8,79				
16	1,29	1,31	14,7				

* или для больших сечений

1. MCM = 1000 Circ. Mils = 0,25067 mm²

2. AWG – American Wire Gauge

Таблица 14.Т11

Определение резервных проводов и жил в кабелях электропроводок

Количество резервных жил	Количество рабочих жил в кабелях		
	Медный кабель	Алюминиевый кабель	Алюминиевый кабель
0	2–7	–	–
1	8–26	4–10	4–10
2	27–59	14–37	14–37
3	60–105	–	52–61

Примечание. Провода, прокладываемые в защитных трубах, коробах, на лотках – 10% резервных проводов от числа рабочих проводов.

Жилы одножильных и многожильных кабелей различных классов

а) Стационарная прокладка

Номинальное сечение жилы, S мм ²	Класс 1						Класс 2									
	Медная, не более	Алюминиевая		Диаметр провода, мм	Число проволок в жиле, n		Диаметр круглой жилы, мм			Диаметр провода, мм	Число проволок в жиле, n					
		миним.	максим.		медная	алюминиевая	медная, не более	Алюминиевая			Круглая жила				Фасонная жила	
								миним.	максим.		неуплотненная		уплотненная		медная	
0,50	0,9	—	—	0,80	1	—	1,1	—	—	0,30	7	—	—	—	—	—
0,75	1,0	—	—	0,97	1	—	1,2	—	—	0,37	7	—	—	—	—	—
1,0	1,2	—	—	1,13	1	—	1,4	—	—	0,40	7	—	—	—	—	—
1,5	1,5	—	—	1,38	1	—	1,7	—	—	0,50	7	—	6	—	—	—
2,5	1,9	—	—	1,78	1	—	2,2	—	—	0,67	7	—	6	—	—	—
4,0	2,4	—	—	2,25	1	—	2,7	—	—	0,85	7	—	6	—	—	—

б) Нестационарная прокладка

Номинальное сечение жилы, мм ²	Класс 3			Класс 4			Класс 5			Класс 6		
	Диаметр круглой медной жилы, мм, не более	Диаметр проволоки d, мм не более	Число проволок в жиле n	Диаметр круглой медной жилы, мм, не более	Диаметр проволоки d, мм не более	Число проволок в жиле n	Диаметр круглой медной жилы, мм, не более	Диаметр проволоки d, мм не более	Число проволок в жиле n	Диаметр круглой медной жилы, мм, не более	Диаметр проволоки d, мм не более	Число проволок в жиле n
0,50	1,1	0,33	7	1,1	0,31	7	1,1	0,21	16	1,1	0,16	28
0,75	1,3	0,38	7	1,3	0,31	11	1,3	0,21	24	1,3	0,16	42
1,0	1,5	0,43	7	1,5	0,31	14	1,5	0,21	32	1,5	0,16	56
1,2	1,6	0,45	7	1,6	0,41	10	—	—	—	—	—	—
1,5	1,8	0,53	7	1,8	0,41	12	1,8	0,26	28	1,8	0,16	85
2,0	1,9	0,61	7	2,0	0,43	15	—	—	—	—	—	—
2,5	2,4	0,69	7	2,5	0,43	20	2,6	0,26	49	2,6	0,16	140
3,0	2,5	0,79	7	2,6	0,53	15	—	—	—	—	—	—
4,0	2,8	0,87	7	3,0	0,53	20	3,2	0,31	56	3,2	0,16	228

в) Электрическое сопротивление 1 км круглой медной жилы при 20 °С, Ом, не более

S, мм ²	Класс 1			Класс 2			Класс 3		
	Медные		алюминиевые	Медные		алюминиевые	Медные		алюминиевые
	не лужен.	лужен.		не лужен.	лужен.		не лужен.	лужен.	
0,50	36,0	36,7	—	36,0	36,7	—	39,6	40,7	—
0,75	24,5	24,8	—	24,5	24,8	—	25,5	26,0	—
1,0	18,1	18,2	28,3	18,1	18,2	35,4	21,8	22,3	—
1,2	14,8	14,9	24,2	16,8	17,1	28,0	17,3	17,6	28,8
1,5	12,1	12,2	18,1	12,1	12,2	22,7	14,0	14,3	23,4
2,0	9,01	9,10	14,9	9,43	9,61	15,8	9,71	9,90	16,2
2,5	7,41	7,56	12,1	7,41	7,56	12,4	7,49	7,63	12,5
3,0	6,07	6,13	10,1	5,61	5,72	9,40	5,84	5,95	9,76
4,0	4,61	4,70	7,41	4,61	4,70	7,41	4,79	4,88	8,0

S, мм ²	Класс 4		Класс 5		Класс 6	
	не лужен.	лужен.	не лужен.	лужен.	не лужен.	лужен.
0,5	40,5	41,7	39,0	40,1	39,0	40,1
0,75	25,2	25,9	26,0	26,7	26,0	26,7
1,0	19,8	20,4	19,5	20,0	19,5	20,0
1,2	16,0	16,5	16,0	16,5	15,8	16,3
1,5	13,2	13,6	13,3	13,7	13,3	13,7
2,0	9,97	10,3	9,98	10,3	9,90	10,2
2,5	8,05	8,20	7,98	8,21	7,98	8,21
3,0	6,52	6,65	6,46	6,58	6,60	6,79
4,0	4,89	4,99	4,95	5,09	4,95	5,09

Основные буквенные обозначения силовых кабелей

Буква, сочетание букв	Значение буквы или сочетания букв
А	Алюминиевая жила
АС	Алюминиевая жила и свинцовая оболочка
АА	Алюминиевая жила и алюминиевая оболочка
Б	Броня из 2 стальных лент с антикоррозийным защитным покровом
Бн	То же, но с негорючим защитным покровом (не поддерживающим горение)
Г	Отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки
л (2л)	В подушке под броней имеется слой (2 слоя) из пластмассовых лент
в (п)	В подушке под броней имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена)
Шв (Шп)	Защитный покров в виде выпрессованного шланга (оболочки) из поливинилхлорида (полиэтилена)
К	Броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров
Н	Не поддерживающий горение защитный покров
М	Маслонаполненный
П	Броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров
С	Свинцовая оболочка
О	Отдельные оболочки поверх каждой фазы
В (в конце обозначения через дефис)	Обедненно-пропитанная бумажная изоляция
Ц	Бумажная изоляция, пропитанная не стекающим составом, содержащим церезин
НР	Резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающей горение
В	Изоляция или оболочка из поливинилхлорида
П	Изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена
Пс	Изоляция или оболочка из самозатухающего полиэтилена (не поддерживающего горение)
Бб	Броня из профилированной стальной ленты
Пв	Изоляция из вулканизированного полиэтилена
У	Для кабелей, изготовленных после 01.04.1985, изоляция способна работать при температурах 80, 70 и 65 °С для кабелей напряжения 6, 10, 20 и 35 кВ соответственно, при этом увеличивается допустимый ток нагрузки. (Примеры обозначений кабелей: ААГУ, СБУ, СШвУ и т. д.)

Таблица 14.Т14

**Марки, материал, сечение и число жил
и рекомендуемая область применения контрольных кабелей**

Марка	Материал жилы	Сечение жилы по ГОСТ 10775-78	Число жил по ГОСТ 10775-78	Рекомендуемая область применения
<i>Кабели с резиновой изоляцией</i>				
КРСГ	М	1; 1,5; 2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	Внутри помещений, в каналах, туннелях, в местах, не подверженных вибрации, при отсутствии механических повреждений на кабель, в среде, нейтральной по отношению к свинцу
	М	4; 6	4, 7, 10	
КРСБ	М	1; 1,5; 2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
	М	4; 6	4, 7, 10	
КРСБГ	М	1; 1,5; 2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
	М	4; 6	4, 7, 10	
КРСК	М	1; 1,5; 2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В местах, где кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
	М	4; 6	4, 7, 10	
КРВГ, АКРВГ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52	В помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий на кабель
<i>Кабели с резиновой изоляцией</i>				
КРВГЭ, АКРВГЭ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52	В помещениях, каналах, туннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель, в условиях агрессивной среды и необходимости защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей

Продолжение табл. 14.Т14

Марка	Материал Жилы	Сечение токопроводящих жилы	Число изолированных жил	Рекомендуемая область применения
КРВБ, АКРВБ	М, А	2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В земле (траншеях) в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КРВБГ, АКРВБГ	М, А	2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КРВББГ, АКРВББГ	М, А	4; 6	4, 7, 10	
КРНГ, АКРНГ	М, А	4; 6	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий на кабель
КРНБ, АКРНБ	А	10	4, 7, 10	В земле (траншеях) в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КРНБГ, АКРНБГ	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КРНБЦ, АКРНБЦ	А	10	4, 7, 10	—
КРНББГ, АКРНББГ	А	10	4, 7, 10	—
Кабели с поливинилхлоридной изоляцией				
КВВГ, АКВВГ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61	В помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий на кабель
КВВГЭ, АКВВГЭ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61	В помещениях, каналах, туннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель, в условиях агрессивной среды и необходимости защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей

Продолжение табл. 14.Т14

Марка	Материал жины	Сечение токоведущих жил	Число испробованных лет	Рекомендуемая область применения
КВВБ, АКВВБ	М, А	2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В земле (траншеях) в усло- виях агрессивной среды и в местах, подверженных воз- действию блуждающих то- ков, если кабель не подвер- гается значительным растя- гивающим усилиям
КВВБГ, АКВВБГ	М, А	2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	В помещениях, каналах, тун- нелях, если кабель не под- вергается значительным рас- тягивающим усилиям
КВВБЦ, АКВВБЦ	М, А	4; 6	4, 7, 10	—
КВВБ6Г	М, А	4; 6	4, 7, 10	В помещениях, каналах, тун- нелях, если кабель не под- вергается значительным рас- тягивающим усилиям
АКВБ6Г	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, тун- нелях, если кабель не под- вергается значительным рас- тягивающим усилиям
КВБ6Шв, АКВБ6Шв	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, тун- нелях, в земле (траншеях), в том числе в условиях агрес- сивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если ка- бель не подвергается зна- чительным растягивающим услиям
КВП6Шв, КВСтШв, АКВСтШв	А	10	4, 7, 10	—
<i>Кабели с полиэтиленовой изоляцией</i>				
КПВГ, АКПВГ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61	—
КПВБ, АКПВБ	М	0,75; 1,0; 1,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61	—
КПВБГ, АКПВБГ, КПВБ6Г, АКПВБ6Г	М, А	2,5	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	—

Продолжение табл. 14.Т14

Марка	Материал жилы	Сечение гол проводящей жилы	Число неэкранированных жил	Рекомендуемая область применения
КПБ6Шв, АКПБ6Шв	М, А	4; 6	4, 7, 10	—
КПП6Шв	М, А	4; 6	4, 7, 10	—
КПСтШв, АКПСтШв	А	10	4, 7, 10	—
КПсВГ, АКПсВГ	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий на кабель. В земле (траншеях), при условии обеспечения защиты указанных небронированных кабелей в местах выхода на поверхность от механических повреждений в эксплуатации
КПсВГЭ, АКПсВГЭ	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель, в условиях агрессивной среды и необходимости защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей
КПсВБ, АКПсВБ	А	10	4, 7, 10	В земле (траншеях) в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КПсВБГ, АКПсВБГ, КПсВБ6Г, АКПсВБ6Г	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
КПсБ6Шв, АКПсБ6Шв	А	10	4, 7, 10	В помещениях, каналах, туннелях, в земле (траншеях), в том числе в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям

Окончание табл. 14.Т14

Марка	Материал жил	Сечение токопроводящих жил	Число изолированных жил	Рекомендуемая область применения
КПсП6Шв	А	10	4, 7, 10	—
<i>Универсальный кабель для промышленных сетей передачи данных</i>				
МКЭКШВГ, МКЭКШВГ нг	М	0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5	2, 4, 5, 7, 10, 14, 19, 24, 27, 30, 37	Внутри и вне помещений в кабельной канализации и в открытом грунте, в том числе во взрывоопасной зоне класса ПВТ4
МКЭКШВГ нг-LS, МКЭКШВГ нг-НГ	М	0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5	2, 4, 5, 7, 10, 14, 19, 24, 27, 30, 37	
МКЭШВГ, МКЭШВГ нг	М	0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5	1, 2, 4, 5, 7, 10, 14, 19, 24, 27, 30, 37	Внутри и вне помещений в кабельной канализации и в открытом грунте, в том числе во взрывоопасной зоне класса ПВТ4
МКЭШВГ нг-LS, МКЭШВГ нг-НГ	М	0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,5	1, 2, 4, 5, 7, 10, 14, 19, 24, 27, 30, 37	

Таблица 14.Т15

Параметры кабелей управления

Марка (зач. эк.)	Сечение жил, мм ²	Число жил (число экранированных жил)	Расчетная масса, кг/км	Примечание
КРШУ	1,0	4-37	200-1180	Изоляция — резина и прорезиненная тканевая лента; экран — медная луженая проволока (МЛП); обмотка — прорезиненная тканевая лента; оболочка — резина; панцирная броня: 1 — стальная оцинкованная проволока (СОП), 2 — стальная нержавеющая проволока (НСП), 3 — медная луженая проволока
КРШУЭ	1,0	4-37	300-1940	
КУШГПВ, КУШГПВ — П (1), КУШГПВ — Пн (2), КУШГПВ — Пм (3)	0,35 0,5	7-108 7-108	68-810 78,7-965	
КУШГПР, КУШГПР — П, КУШГПР — Пн, КУШГПР — Пм	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5	4-108 4-108 4-37 4-37 4-37	58-879 64,8-1031 92-643 10-760 134-1016	Изоляция — полиэтилен; обмотка — полиамидная пленка, прорезиненная тканевая пленка (ПТП); оболочка — резина; панцирная броня — стальная оцинкованная проволока, стальная нержавеющая проволока, медная луженая проволока

Окончание табл. 14.Т15

Модель кабеля	Число жил толщ. мм ²	Число жил (число экв. жил)	Расчетная масса, кг/км	Примечание
КЭРШ, КЭРШ – П, КЭРШ – Пн, КЭРШ – Пм	0,35	16–115 (9–63)	237–1310 263–1481	Изоляция – ПЭ; экран – медная луженая проволока (МЛП); обмотки – полиамидная пленка (ПТП); панцирная броня – стальная оцинкованная проволока, стальная нержавеющая проволока, медная луженая проволока, оболочка – резина
	0,5	16–115 (9–63)	106–1006 113–1090	
	0,35	4–52	130–565	
	0,5	4–52	154–706	
	0,15	4–19	207–972	
КПКР, КПКР-П	0,5	12	209–295	Изоляция – ПЭ; оболочка – капрон толщиной 0,1 мм; обмотка – полиамидная пленка ПК-4; панцирная броня – стальная нержавеющая проволока
	0,75	4	119–185	
		7	170–244	
КУПКР	0,5	12	182	Изоляция – ПЭ; оболочка – капрон толщиной 0,1 мм; обмотка – полиамидная пленка ПК-4; панцирная броня – стальная нержавеющая проволока
	1,0	37	400	
		27	502	
КФШР, КФЭШР	0,5	10–48	155–529	Изоляция – фторопласт-40Ш; экран в КФШР отсутствует, в КФЭШР – медная луженая проволока; обмотка – ориентированная пленка Ф-4; оболочка – резина
	0,20	24 (7)	233	
	0,35	45 (7)	511	
	0,20	10	170	
	0,35	19	282	

Таблица 14.Т16

Наружные диаметры и массы проводов АПРТО, ПРТО по ГОСТ 20520-80

Сече- ние, мм ²	Наружный диаметр, мм						Сече- ние, мм ²	Масса, кг/км					
	Число жил							Число жил					
	1	2	3	7	10	14		1	2	3	7	10	14
0,75	3,7	–	–	–	–	–	АПРТО						
1	3,8	7,5	7,9	–	–	–	2,5	26,3	59	82	–	248	309
1,5	4,1	8,0	8,8	11,6	15,0	16,4	4	34	74	104	226	–	–
2,5	4,5	9,0	9,6	12,8	16,5	18,6	6	42	99	130	285	–	–
4	5,0	10,0	10,6	14,2	–	–	10	65	141	200	472	–	–
6	5,5	11,0	11,7	15,7	–	–	16	107	237	368	–	–	–
10	6,7	13,4	14,3	19,9	–	–	ПРТО						

Окончание табл. 14.Т16

Сече- ние, мм ²	Наружный диаметр, мм						Сече- ние, мм ²	Масса, кг/км					
	Число жил							Число жил					
	1	2	3	7	10	14		1	2	3	7	10	14
16	8,4	17,7	18,9	—	—	—	1	17	37	50,8	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1,5	25	54	75,5	172	201	318
—	—	—	—	—	—	—	2,5	41	90	128	284	333	526
—	—	—	—	—	—	—	4	78	125	180	403	—	—
—	—	—	—	—	—	—	6	98	172	242	548	—	—
—	—	—	—	—	—	—	10	132	279	408	955	—	—
—	—	—	—	—	—	—	16	207	445	680	—	—	—

Таблица 14.Т17

Наружные диаметры и массы проводов ПРН, ПРГН, АПРН по ГОСТ 20520-80

Сечение, мм ²	Наружный диаметр, мм			Масса, кг/км		
	ПРН	ПРГН	АПРН	ПРН	ПРГН	АПРН
1,5	3,8	3,8	—	29	33	—
2,5	4,2	4,5	4,2	40	47	26
4	4,7	5,0	4,7	57	63	33
6	5,2	5,6	5,2	77	86	41
10	6,4	6,8	6,4	124	131	64
16	7,9	8,6	7,9	198	204	89

Таблица 14.Т18

Наружные диаметры и массы проводов с поливинилхлоридной изоляцией на напряжение 380 В по ГОСТ 6323-79 (ориентировочные данные)

Сечение, мм ²	Наружный диаметр, мм			Масса, кг/км		
	ПВ1, ПВ2	ПВ3, ПВ4	АПВ	ПВ1, ПВ2	ПВ3, ПВ4	АПВ
0,5	2,0	2,1	—	8	9	—
0,75	2,2	2,4	—	11	12	—
1,0	2,5	2,7	—	15	16	—
1,5	2,8	3,1	—	19	21	—
2,5	3,7	3,9	3,4	31	35	16
4	3,8	4,5	3,8	46	50	21
6	4,3	5,6	4,3	65	75	28
10	6,1	6,9	6,1	117	117	52
16	7,1	8,1	7,1	173	178	72

Таблица 14.Т19

Марки, элементы конструкции, число жил, номинальное сечение и области применения силовых и установочных проводов

Обозначение Марка	Наименование элементов Конструкция	Число основных жил	Номинальное сечение жил, мм ²	Преимущественные области применения
<i>Провода силовые с резиновой изоляцией</i>				
ПРТО	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	1	0,75—120	Для прокладки в негорючих трубах
		2; 3	1—120	
		4; 7	1,5—10	
		10	1,5; 2,5	
АПРТО	То же с алюминиевой жилой	1; 2; 3	2,5—120	То же
		7	2,5—10	
ПРН	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	1	1,5—120	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах негорючих строительных конструкций и на открытом воздухе
АПРН	То же с алюминиевой оболочкой	1	2,5—120	То же
ПРГН	То же с гибкой медной жилой	1	2,5—120	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
<i>Провода силовые с резиновой изоляцией</i>				
ПРИ	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	1	0,75—120	Для прокладки в сухих и сырых помещениях
АПРИ	То же с алюминиевой жилой	1	2,5—120	То же
ПРГИ	То же с гибкой медной жилой	1	0,75—120	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях

Продолжение табл. 14.Т19

Обозначение марки	Наименование элементов проводов	Число проводящих жил	Номинальное сечение жилы, мм ²	Применяемые области применения
АППР	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	2; 4	2,5-10	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых, производственных и сельскохозяйственных помещений
		3	2,5	
ПРД	Провод гибкий, с медной жилой, с резиновой изоляцией, в непропитанной оплетке, двухжильный скрученный	1	0,75-6	В осветительных сетях сухих помещений
ПРВД	Провод гибкий, с медной жилой, с резиновой изоляцией, двухжильный скрученный, в поливинилхлоридной оболочке	2	1,0-6	В осветительных сетях, сухих и сырых помещениях
АРТ	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, с несущим тросом	2	2,5-4	Прокладка внутри помещений в сетях напряжения 660 В, где требуется повышенная механическая прочность
		3	4; 6	
		4	4-35	
ПРП	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из стальных оцинкованных проволок	1; 2; 3	1,0-95	В осветительных и силовых цепях, вторичных сетях стационарных установок и механизмов при наличии легких механических воздействий на провод и отсутствии воздействия масел и эмульсий
		4-30	1,0-2,5	
ПРПП	То же в резиновой оболочке	1; 2; 3	1,0-95	В осветительных и силовых цепях, вторичных цепях, в экскаваторах, машинах и механизмах при наличии механических воздействий на провод, воздействия масел, эмульсий
		4-30	1,0-2,5	
ПРФ	Провод с медной жилой в резиновой изоляции, в фальцованной оболочке из сплава марки АМЦ	1; 2; 3	1,0-4	В осветительных и силовых сетях, в сухих помещениях при наличии легких механических воздействий на провод (проводки в лестничных клетках, клубах, театрах и т. п.)

Продолжение табл. 14.Т19

Обозначение марк*	Наименование элементов проводов	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм ²	Преимущественные области применения
АПРФ	То же с алюминиевой жилой	1; 2; 3	2,5-4	То же
ПРФл	То же в оболочке из латуни	1; 2; 3	1,0-4	То же
<i>Провода с пластмассовой изоляцией</i>				
ПВ	Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	—	—	Для монтирования вторичных цепей, прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтирования силовых и осветительных цепей в машинах и станках
АПВ	Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	—	—	То же
ПП	Провод с медной жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	—	—	То же
АПП	Провод с алюминиевой жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	—	—	То же
ПГВ	Провод с гибкой медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	—	—	Для монтирования вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ППВ	Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	—	—	Для монтирования силовых и осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки
АППВ	То же с алюминиевыми жилами	—	—	То же
ППП	То же с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	—	—	Полностью с ППВ
АППП	То же с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	—	—	То же

Окончание табл. 14.Т19

Обозначение марки	Ближайшие значения диаметров проводов	Число основных жил	Номинальный диаметр сечения жилы, мм	Примечания к использованию с учетом климатических условий
ППВС	Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания	—	—	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
АППВС	То же с алюминиевыми жилами	—	—	То же
ПППС	То же с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	—	—	То же
АППС	То же с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	—	—	То же
АВТ	Провод с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом	2; 3; 4	2,5	Прокладка наружная (для ввода в жилые дома и хозяйственные постройки) в сетях на напряжение 380 В в I и II районах гололедности
АВТУ	То же с усиленным несущим тросом	2; 3; 4	4	То же в III и IV районах гололедности
		4	6; 10; 16	
<i>Провода с пластмассовой изоляцией</i>				
АВТВ	Провод с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом, для внутренней прокладки	2; 3; 4	2,5	Прокладка внутри помещений (в том числе животноводческих) в сетях на напряжение 380 В
АВТВУ	То же с усиленным несущим тросом	2; 3; 4	4	То же, но где требуется повышенная механическая прочность
		4	6; 10; 16	

**Категории медного кабеля с неэкранированной витой парой UTP
по электрическим и физическим характеристикам**

Категория кабеля	Стандарт или протокол	Диапазон частот	Применение	Примечание
1	EIA/TIA-568	до 20 Кбит/с	Телефония	
2	EIA/TIA-568	до 1 МГц		
3	EIA-568A	до 16 МГц	Передача данных и голоса и сеть Ethernet	Сегмент – 100 м 10 Мбит/с
4	EIA-568A	до 20 МГц	Высокая помехоустойчивость, низкие потери сети Token Ring, Ethernet	Сегмент – 100 м 16 Мбит/с
5	TP-PMD FDDI ATM Gigabit Ethernet	до 100 МГц до 100 Мбит/с до 155 Мбит/с до 1000 Мбит/с	Высокоскоростная связь сети ATM, FDDI, Token Ring, Ethernet	Сегмент – 100 м 155 Мбит/с
6		до 200 МГц	Высокоскоростная передача на большие расстояния	
7		до 600 МГц	То же	

EIA (Electronic Industries Alliance) – ассоциация производителей электронного оборудования в США.

TIA (Telecommunications Industry Association) – ассоциация промышленности средств связи.

TP-PMD (Twisted Pair – Physical Medium Dependent Interface) – зависящий от физической среды интерфейс на витую пару.

ATM (Asynchronous Transfer Mode) – режим асинхронной передачи (универсальный сетевой стандарт высокой пропускной способности).

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) – распределенный интерфейс передачи данных по волоконно-оптическому кабелю. Стандарт сети комитета ANSI – американского национального института стандартов.

Таблица 14.Т21

Провода термоэлектродные по ГОСТ 24335-80

Марка	Характеристика провода	Сечение жил, мм ²	Наружный размер провода, мм	Металл, сплав или пара сплавов (в скобках – условное обозначение материала жилы)	Условия применения
ПТВ	Провод с изоляцией из поливинилхлорида, двухжильный	0,2 1,0 2,5	1,5×3,5 3,1×6,8 3,8×8,0	Медь-константан (М) Медь-медно-никелевый сплав ТП (П) Хромель-копель (ХК) Медь-копель (МК)	В сухих и сырых помещениях, в трубах, в приборах, где возможно воздействие хлора или газов хлора применять запрещается
ПТВВ	То же, гибкий	1,0 1,5 1,8 2,5	3,2×6,9 3,5×7,5 3,7×7,9 4,0×8,5	То же, и медь-медно-никелевый сплав МН-2,4 (М-МН)	То же, где требуется повышенная гибкость
ПТВО	Провод с поливинилхлоридной изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, двухжильный	2,5	4,8×7,7	Медь-константан (М) Медь-медно-никелевый сплав ТП (П) Хромель-копель (ХК) Медь-копель (МК)	Для прокладки в помещениях, где требуется механическая прочность
ПТВВО	То же, гибкий	1,0 1,5 1,8 2,5	4,2×6,6 4,5×7,2 4,7×7,6 5,0×8,2	То же	То же, где требуется повышенная гибкость
ПТВП	Провод с изоляцией из поливинилхлорида в оплетке из стальной проволоки, двухжильный	1,0	4,3×8,0	Медь-константан (М) Медь-медно-никелевый сплав ТП (П) Хромель-копель (ХК) Медь-копель (МК)	В сухих, влажных помещениях и наружных установках и там, где требуется защита от механических воздействий
ПТП	Провод с изоляцией из полиэтиленоерефталатной пленки и в общей оплетке из лавсановых нитей, двухжильный	1,5 1,8 2,5	2,7×4,5 2,9×4,9 3,2×5,5	То же	Для прокладки в жарких помещениях и внутри приборов
ПТПЭ	То же, экранированный	1,5 1,8 2,5	3,5×5,2 3,7×5,7 4,0×6,3	То же	То же, где требуется защита от внешних электромагнитных полей и механических воздействий

Марка	Характеристика провода	Сечение жил, мм ²	Наружный размер провода, мм	Металл, сплав или нарасплавов (в скобках – условное обозначение материала жилы)	Условия применения
ПТФ	Провод с изоляцией из фторопластовой пленки в обмотке и оплетке из стеклоленты, пропитанных кремний-органическим лаком, одножильный	0,5 1,5 2,5 4,0	2,2 2,3 3,3 3,8	Сплав никель-медь (НМ) Сплав медь-титан (МТ)	В помещениях жарких при условии фиксированного монтажа. Для присоединения пиротехнических устройств
ПТФЭ	То же, экранированный	0,5 1,5 2,5 4,0	2,8 3,4 3,9 4,6	То же	То же, где требуется защита от внешних электромагнитных полей и механических воздействий

Таблица 14.Т22

Радиочастотные кабели, рекомендуемые для использования в проектах АСУТП

Марка	Материал			Диаметр оболочки, мм
	Внутренний изолятор	Внешний проводник	Оболочка	
<i>Субминиатюрные радиочастотные кабели со сплошной ПЭ изоляцией жилы</i>				
PK50-1-11	СМС	ОМС	П	0,9+0,2
PK75-1-11	СМС	ОМС	П	0,9+0,2
PK75-1-13	БС	ОМС	П	0,9+0,2
<i>Миниатюрные радиочастотные кабели со сплошной ПЭ изоляцией жилы</i>				
PK50-1,5-11	СМС	ОМС	П	2,4+0,2
PK50-2-11	СМС	ОМС	П	3,2+0,25
PK50-2-13	М	ОМ	В	3,7+0,25
PK50-3-11	М	ДОМЛ	П	5,0+0,25
PK50-3-13	М	ОМЛ	В	4,40+0,25
PK75-1,5-11	СМС	ОМС	П	2,4+0,2
PK75-2-11	М	ОМЛ	П	3,7+0,25
PK75-2-13	МЛ	ОМЛ	П	3,2+0,25
<i>Среднегабаритные радиочастотные кабели со сплошной ПЭ изоляцией жилы</i>				
PK50-4-11	М	ДОМ	П	9,6+0,6
PK50-4-13	М	ДОМ	В	9,6+0,6
PK50-7-11	М	ОМ	П	10,3+0,6
PK50-9-11	М	ОМ	П	12,2±0,80
PK50-11-11	М	ОМ	П	14,5±0,8
PK50-11-13	М	ОМ	В	14,5±0,8
PK75-4-11	М	ОМ	П	7,3+0,4
PK75-4-13	М	ОМ	В	7,6±0,5
PK75-7-11	М	ОМ	П	9,5±0,6
PK75-9-12	М	ОМ	П	12,2±0,8
PK75-9-13	М	ОМ	П	12,2±0,8
<i>Субминиатюрные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией</i>				
PK50-0,6-21	МС	ОМС	—	не более 1,0
PK50-1-21	СМС	ОМС	Ф-4МБ	1,9±0,2
PK75-1-21	СМС	ОМС	Ф-4МБ	1,9±0,2
<i>Миниатюрные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией</i>				
PK50-1,5-21	СМС	ОМС	Ф-4МБ	1,2±0,1
PK50-2-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	3,2±0,25
PK50-3-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	4,4±0,2
PK50-3-23	МС	ОМС	Ф-4МБ	4,4±0,25
PK75-1,5-21	СМС	ОМС	Ф-4МБ	2,4±0,2
PK75-2-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	3,20±0,25
PK75-3-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	4,4±0,2
PK75-3-23	МС	ОМС	—	3,43

Окончание табл. 14.Т22

Марка	Материал			Диаметр обла. проводки, мм
	Внутренний проводник	Внешний проводник	Обл.ючка	
<i>Среднегабаритные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией</i>				
PK50-4-21	МС	ДОМС	Ф-4, ОСК	6,6±0,6
PK50-7-21	МС	ОМ	Ф-4, ОСКЛ	8,9±0,5
PK50-11-21	МС	ОМС	Ф-4,ОСК	13,4±0,8
PK75-4-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	6,0±0,4
PK75-7-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	8,9±0,6
PK100-7-21	МС	ОМС	Ф-4, ОСК	9,0±0,5
<i>Радиочастотные кабели с полувоздушной полиэтиленовой изоляцией</i>				
PK75-3-31	МЛ	ОМЛ	П	5,5±0,3
PK100-1,5-31	МЛ	ОМЛ	П	1,9±0,1
PK100-4-31	СМ	ДОМЛ	П	7,4±0,4
PK150-3,7-31	М	ОМ	П	5,3±0,3
PK150-7-31	МЛ	ОМ	П	10,3±0,6
<i>Радиочастотные симметричные кабели*</i>				
РД200-7-11	М	ОМ	П	11,3±0,7×19,4±0,9

Примечания:

* Радиочастотный симметричный кабель имеет экран из индивидуального или общего материала.

Использованы следующие сокращения для обозначения материалов внутреннего и внешнего проводников: СМС – сталемедная луженая, СМЛ – та же луженая, БС – бронзовая посеребренная, М – медная, МС – медная посеребренная, МЛ – медная луженая. Для внешнего проводника – оплетки: ОМС – медными посеребренными проволоками, ОМЛ – медными лужеными, ОМ – медными, ДОМЛ – двойная оплетка медными лужеными проволоками, ДОМ – то же медными проволоками.

Таблица 14.Т23

Стандарты оптических волокон и области их применения

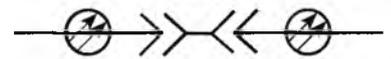
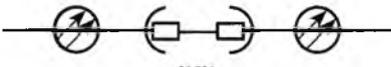
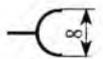
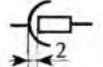
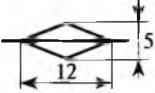
Многомодовое волокно		Одномодовое волокно		
MMF 50/125 градиентное волокно	MMF 62,5/125 градиентное волокно	SF (NDSF) ступенчатое волокно	DSF волокно со смещенной дисперсией	NZDSF волокно с нену- левой смещенной дисперсией
ЛВС (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	ЛВС (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	Протяженные сети (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM), магистра- ли (SDH)	Сверхпротя- женные сети, супермагистра- ли (SDH, ATM)	Сверхпротяжен- ные сети, супермагистрали (SDH, ATM), полностью оптические сети

Таблица 14.Т24

**Компоненты волоконно-оптических линий связи.
Обозначения графические в схемах АСУТП**

Наименование	Обозначение
Оптический волнопровод, оптическая линия, оптическое волокно, волоконный световод, оптический кабель. Общее обозначение	
Примечания: 1. В обозначение включают дополнительную информацию о диаметре отдельных слоев оптического волокна в направлении от центра волокна: <i>a</i> – сердцевина <i>b</i> – оболочка <i>c</i> – первичная защита <i>d</i> – вторичная защита <i>n</i> – количество оптических волноводов в кабеле допускается при наличии дополнительной информации указывать (<i>n</i>) над обозначением волновода без наклонной черты	
2. При обозначении оптических линий окружность с двумя стрелками можно опустить, если исключена возможность ошибки	
Одномодовый оптический волнопровод, одномодовое оптическое волокно	
Многомодовый оптический волновод, многомодовое оптическое волокно: – со ступенчатым профилем показателя преломления	
– с градиентным профилем показателя преломления	
Розетка оптического соединения	
Вилка оптического соединителя	
Оптический разъёмный соединитель	<p>или</p> <p>допускается:</p>
Оптический неразъемный соединитель	

Окончание табл. 14.Т24

Наименование	Обозначение
Оптический соединитель «вилка-розетка-вилка»	 или 
Оптический соединитель «розетка-вилка»	
Оптический соединитель «розетка-вилка-розетка»	 или 
Оптический комбинированный соединитель	
Оптический переключатель	
Соединительная разъемная муфта	
Соединительная неразъемная муфта	
Оптическое волокно	
Розетка оптического соединителя	
Вилка оптического соединителя	
Соединитель оптический разъемный	
Соединитель световодный проходной	
Муфта соединительная неразъемная	

ГЛАВА 15. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ И ПОДКЛЮЧЕНИЙ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

	Лист
15.1. Термины	15–1
15.2. Выбор труб	15–2
15.3. Арматура, соединительные и присоединительные устройства	15–4
15.4. Импульсная трубная проводка	15–6
15.5. Схемы измерения давления газа	15–7
15.5.1. Применение разделительного сосуда	15–8
15.6. Схемы измерения давления жидкости и пара	15–9
15.6.1. Схемы измерения давления горячей (выше 60 °С) жидкости и пара	15–9
15.6.2. Схемы измерения давления холодной (менее 60 °С) жидкости	15–11
15.6.3. Применение разделительного сосуда	15–11
15.7. Схема измерения давления с подачей вспомогательного компонента	15–12
15.8. Общие данные по схемам измерения давления	15–12
15.9. Схемы измерения расхода газа методом переменного перепада давления	15–12
15.10. Схемы измерения расхода жидкости методом переменного перепада давления	15–13
15.11. Схемы измерения расхода пара методом перепада давления	15–14
15.12. Схемы соединений при измерении уровня жидкости методом измерения гидростатического давления	15–14
15.13. Закладные и отборные устройства	15–15
15.14. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	15–19
15.15. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	15–19
Перечень рисунков	
15.P1. Установка приборов с мембранным разделителем	15–20
Перечень схем	
15.Cx1. Давление жидкости, пара, газа при расположении прибора (манометра) у места отбора давления (применяемость схемы установки прибора)	15–21
15.Cx2. Схемы измерения давления газа	15–22
15.Cx3. Схемы измерения давления жидкости и пара	15–23
15.Cx4. Схема подачи вспомогательной жидкости (газа) в измерительные линии	15–24
15.Cx5. Расход газа	15–25
15.Cx6. Расход жидкости и пара	15–26
15.Cx7. Уровень жидкости в резервуаре	15–27
Перечень таблиц	
15.T1. Использование трубопроводов для сред (веществ) различных групп в АСУТП	15–28
15.T1a. Группы и категории трубопроводов систем автоматизации в зависимости от заполняемой среды и рабочего давления	15–29
15.T2. Классификация трубопроводов $P_y \leq 10$ МПа (100 кгс/см ²)	15–30
15.T3. Рекомендуемый сортамент и материал труб для наиболее распространенных импульсных линий трубных проводок и допустимая их длина	15–32
15.T4. Внутренний диаметр (мм) импульсной линии связи в зависимости от длины для различных измеряемых веществ по международному стандарту ИСО 2186-73	15–33
15.T5. Выбор типа уплотнительной поверхности фланцев	15–33
15.T6. Общие данные по элементам и некоторые формулы по схемам измерения давления газа и жидкости	15–34
15.T7. Перечень типовых строительных заданий, монтажных чертежей, закладных конструкций систем автоматизации, действующих в Ассоциации «Монтажавтоматика»	15–37

15.1. ТЕРМИНЫ

В разделе 14.1 приведены пояснения по терминам «схема соединений» и «схема подключений».

В данной главе излагаются требования, предъявляемые к трубным проводкам. Поясним термины, которые применяются в трубных проводках. Определения даны по СНиП 3.05.07-85.

Трубная проводка – совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), соединений, присоединений, защитных устройств и арматуры.

Импульсная линия связи – трубная проводка, соединяющая отборное устройство с контрольно-измерительным прибором, датчиком или регулятором. Она предназначена для передачи воздействия контролируемой технологической среды на чувствительные органы контрольно-измерительных приборов, датчиков или регуляторов непосредственно или через разделительные среды.

Командная линия связи – трубная проводка, соединяющая между собой отдельные функциональные блоки автоматики (датчики, переключатели, вторичные измерительные приборы, преобразователи, вычислительные, регулирующие и управляющие устройства, исполнительные механизмы). Она предусмотрена для передачи командных сигналов (давление воздуха, воды, масла) от передающих блоков к приемным.

Линия питания – трубная проводка, соединяющая измерительные приборы и средства автоматизации с источниками питания (насосами, компрессорами и другими источниками). Она предназначена для подачи к приборам и средствам автоматизации (датчикам, преобразователям, вычислительным, регуливающим и управляющим устройствам, усилителям, позиционерам) жидкости (воды, масла) или газа (воздуха) с избыточным давлением, изменяющимся в заданных пределах, используемых в качестве носителей вспомогательной энергии при обработке и передаче командных сигналов.

Линия обогрева/охлаждения – трубная проводка, посредством которой подводятся (и отводятся) теплоносители (воздух, вода, пар, и др.), хладагенты (воздух, вода, рассол и др.), к устройствам обогрева/охлаждения отборных устройств, измерительных приборов, средств автоматизации, щитов и потоков трубных проводок.

Вспомогательная линия – трубная проводка, посредством которой:

– подводятся к импульсным линиям связи защитные жидкости или газы, создающие в них встречные потоки для предохранения от агрессивных воздействий, закупорки, засорения и других явлений, вызывающих порчу и отказ в работе отборных устройств, измерительных приборов, средств автоматизации и самих импульсных линий;

– подводятся к приборам, регуляторам, импульсным линиям связи жидкости или газа для периодической промывки или продувки их во время эксплуатации;

– создается параллельный поток части продукта, отбираемого из технологического аппарата или трубопровода для анализа, с целью ускорения подачи пробы к измерительному прибору, удаленному от места отбора (например, к анализатору жидких нефтепродуктов и др.).

Дренажная линия – трубная проводка, посредством которой сбрасываются продукты промывки (газы и жидкости) из приборов и регуляторов, импульсных и командных линий связи, вспомогательных и других линий в отведенные для этого места (специальные емкости, атмосферу, канализацию и др.).

15.2. ВЫБОР ТРУБ

Трубы, применяемые в трубных проводках, классифицируются на трубы, создающие:

- импульсную линию проводки;
- командную линию;
- питающую линию;
- обогревающую линию;
- охлаждающую линию;
- дренажную линию;
- вспомогательную линию.

Терминология трубопроводных линий приведена в разделе 15.1. Из пояснения терминов в общем случае можно выделить ряд газообразных и жидких сред, которые используются при эксплуатации трубных проводок:

– технологическая, обращающаяся в технологических аппаратах и трубопроводах, параметры этой среды контролируются или измеряются средствами автоматизации СА;

– командная (вода, масло, воздух, инертный газ);

– обогревающая/охлаждающая для поддержания необходимого температурного режима работы средств автоматизации, отборных устройств и некоторых трубопроводных коммуникаций;

– продувочная/промывочная, которая используется во время периодической чистки средств автоматизации, импульсных и других трубопроводов;

– защитная, которая подводится по вспомогательной линии для обеспечения нормальной работы средств автоматизации; защитная среда постоянно подается к импульсной линии и не допускает попадания агрессивной, абразивной, запыленной и другой технологической среды в импульсные линии и средства автоматизации.

Дренажная линия может быть разделена:

– на линию дренажа технологической среды из импульсной линии;

– на линию дренажа жидких сред (командных, обогреваемых, охлаждаемых, промывочных и защитных) и газов (охлаждаемых, продувочных, командных и защитных).

Использование трубопроводов для сред (веществ) различных групп опасности представлено в таблице 15.Т1.

Из таблицы видно, что технологическая среда либо постоянно, либо периодически находится в трубопроводах: импульсном, отводящем (обводном), вспомогательном, дренажном из импульсной линии и, возможно, защитном вспомогательном.

Для указанных трубопроводов следует выбирать трубы в соответствии с параметрами контролируемой, измеряемой среды, воздействующей на материал труб. Рекомендуется применять трубы, аналогичные трубам (по материалу), используемым в технологической части проекта ТХ.

Для сведения в «Пособии» приводится таблица 15.Т2, которая повторяет таблицу 1 – ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».

В таблице приводится классификация трубопроводов P_y менее 10 МПа (100 кгс/см²) в зависимости от транспортируемого вещества. Класс транспортируемых веществ приведен в разделе 7.2.5 и таблице 7.Т3.

При выборе труб необходимо уделить внимание отраслевым, межотраслевым и другим нормативно-техническим документам, устанавливающим сортамент, номенклатуру, тип, основные параметры и условия применения труб. Следует учитывать:

- свойства транспортируемой среды (агрессивность, взрыво- и пожароопасность, вредность и прочее по таблице 7.Т1 «Пособия»);
- расчетное давление и расчетную температуру транспортируемой среды (максимально допустимое давление по таблице 15.Т3);
- свойства материалов трубы (прочность, хладостойкость, стойкость против коррозии, свариваемость и т. п.);
- отрицательную температуру окружающего воздуха для трубопроводов, расположенных на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях.

Кроме того, для всех видов трубных линий выбор труб производится с соблюдением следующих требований:

- трубопровод должен обладать необходимой механической прочностью и плотностью соединений и присоединений при воздействии протекающей среды с максимальным давлением и температурой, при воздействии агрессивной протекающей или окружающей среды;
- трубопровод должен обеспечивать работу при импульсации технологической трубы, при вибрации технологического оборудования и опорных конструкций, по которым трубопровод прокладывается;
- трубопровод должен иметь возможность проверки, продувки, промывки при его монтаже и эксплуатации;
- трубопровод должен иметь возможность заполнения средами, указанными в таблице 15.Т1;
- трубопровод должен иметь возможность удаления газа при заполнении трубопровода жидкостью;
- трубопровод импульсный или командный должен иметь внутренний диаметр, который обеспечивает передачу сигналов информации на заданное расстояние с допустимым для конкретной установки временем запаздывания (таблица 15.Т4).

Для наиболее распространенных проводок импульсные линии для измерения давления, разряжения, расхода (по перепаду давления) и уровня используют бесшовные стальные водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262-75* – 21,3×2,8; 26,8×2,8; 13,5×2,2 (при P_y до 1,6 МПа – 16 кгс/см² и Т до 175 °С) или бесшовные из стали 10/стали 20 по ГОСТ 8734-75* – 14×2; 16×3.

В качестве командных линий для трубных проводок АСУТП рекомендуется применять стальные трубы 14×2 по таблице 15.Т3, а также медные, наружным диаметром 6, 8, 10 мм со стенкой толщиной более 1 мм, алюминиевые и из алюминиевых сплавов наружным диаметром 8, 10 мм со стенкой толщиной более 1 мм, полиэтиленовые – 6×1; 8×1,6; 10×2 мм, поливинилхлоридные с внутренним диаметром более 4 мм с толщиной стенки более 1 мм, резиновые с внутренним диаметром 6 мм и толщиной стенки 1,25 мм.

Для питающих, обогревающих, охлаждающих, дренажных и обводных трубопроводов могут применяться соответствующие трубы большего диаметра.

15.3. АРМАТУРА, СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Арматура по способу присоединения к трубопроводу разделяется (п. 4.1 ПБ 03-585-03) на:

- фланцевую;
- муфтовую;
- цапковую;
- приварную.

Муфтовая и цапковая арматура может применяться для трубопроводов с условным проходом D_y : менее 50 мм – чугунная арматура и менее 40 мм – стальная арматура.

Фланцевая и приварная арматура применяется для всех категорий трубопроводов.

Фланцевое соединение допускается для присоединения импульсных труб к технологическим аппаратам и трубам, приборам и средствам автоматизации в случаях, когда последние оснащены фланцевыми элементами и в случае невозможности и нежелательности применения резьбовых или приварных присоединений.

По таблице 15.Т5 выбирается тип уплотнительной поверхности фланцев (по ПБ 03-585-03) в зависимости от транспортируемой среды, рабочего давления.

Для присоединения трубных проводок к технологическим аппаратам и средствам автоматизации, а также для соединения отдельных участков проводок между собой следует предусматривать резьбовые соединительные и присоединительные устройства.

По эксплуатационному назначению трубопроводная арматура подразделяется (ПБ 03-585-03 п. 4.1) на:

- запорную (предназначенную для перекрытия потока рабочей среды);
- регулирующую (способную регулировать параметры рабочей среды посредством изменения ее расхода);
- предохранительную (предназначенную для автоматической защиты оборудования от аварийных изменений параметров);
- распределительную;
- защитную;
- фазоразделительную.

В качестве запорной арматуры в АСУТП рекомендуются:

- клапан – для трубопроводов диаметром до 50 мм;
- задвижка – для трубопроводов диаметром более 50 мм;
- кран – для случаев, когда использование иной запорной арматуры нецелесообразно или недопустимо (например, для исключения смешения продуктов ввиду паспортных протечек затворов у задвижек).

По ГОСТ 24856-81:

«Задвижка – промышленная трубопроводная арматура, в которой запорный или регулирующий орган перемещается возвратно-поступательно перпендикулярно оси потока рабочей среды.

Клапан (нежелательный термин – вентиль) – промышленная трубопроводная арматура, в которой запорный или регулирующий орган перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока рабочей среды.

Кран – промышленная трубопроводная арматура, в которой запорный или регулирующий орган имеет форму тела вращения или части его, который поворачивается вокруг собственной оси, произвольно расположенной к направлению потока рабочей среды.

Герметичность затворов, которая указывается в сертификате на арматуру по ПБ 03-585-03 (п. 4.8) определяется их классом в зависимости от назначения арматуры; это указано в таблице 15.Т2:

- класс А – для веществ групп А, Б(а), Б(б);
- класс В – для веществ групп Б(в) и В на R_y более 4 МПа (40 кгс/см²);
- класс С – для веществ группы В на R_y менее 4 МПа (40 кгс/см²).

Арматуру из чугуна не допускается применять независимо от среды, рабочего давления и температуры в следующих случаях:

- на трубопроводах, подверженных вибрации;
- на трубопроводах, работающих при резкопеременном температурном режиме среды;
- при возможности значительного охлаждения арматуры в результате дроссель-эффекта;
- на трубопроводах, транспортирующих вещества групп А и Б, содержащие воду или другие замерзающие жидкости, при температуре стенки трубопровода ниже 0 °С независимо от давления;
- на паропроводах и трубопроводах горячей воды, используемых в качестве спутников;
- в обвязке насосных агрегатов при установке насосов на открытых площадках;
- в обвязке резервуаров емкостей для хранения взрывопожароопасных и токсичных веществ.

Регулирующий клапан, обеспечивающий параметры непрерывного технологического процесса, следует снабжать байпасом (обводной линией) с соответствующими запорными устройствами.

Применение запорной арматуры в качестве регулирующей не допускается.

В качестве дренажных устройств периодического действия в АСУТП предусматриваются специальные сливные штуцера с запорной арматурой для присоединения трубопроводов или гибких шлангов для отвода сред в дренажные емкости или в технологическое оборудование. Дренажный трубопровод должен быть не менее 25 мм диаметром.

Трубопровод должен иметь воздушник с запорным органом в верхней точке, который позволяет удалять из трубопровода выделившийся газ.

В случае возможности повышения давления, в том числе за счет объемного расширения жидких сред, свыше расчетного, на трубопроводах устанавливаются предохранительные устройства, сбросы от которых должны отвечать требованиям «правил безопасной эксплуатации факельных систем» ПБ 03-591-03.

К фазоразделительной арматуре можно отнести разделительный сосуд, конденсационный сосуд, мембранный разделитель.

15.4. ИМПУЛЬСНАЯ ТРУБНАЯ ПРОВОДКА

Импульсная (измерительная) трубная проводка предназначена для соединения места отбора измеряемого параметра среды и чувствительного элемента первичного прибора. Проводка может иметь два вида:

- статическая линия измерения;
- динамическая линия измерения.

Статическая линия служит трубкой проводной при измерении давления, разряжения, перепада давления (расхода, уровня).

Динамическая линия применяется для организации измерения свойств вещества, когда чувствительный элемент прибора не устанавливается непосредственно в технологический аппарат или трубопровод; чувствительный элемент прибора устанавливается на измерительном трубопроводе, через который протекает некоторая, как правило, незначительная часть измеряемого технологического вещества (жидкости, пара, газа). Такими измерительными приборами могут быть различного рода анализаторы состава вещества, плотномеры, вязкозиметры, влагомеры, рН-метры, концентратомеры и т. д.

Наиболее часто в практике создания АСУТП встречается статическая линия измерения. Особенностью этой линии является:

- незначительное перемещение измеряемого вещества (среды) в линии, которое вызвано изменением объема полости чувствительного элемента и из-за сжимаемости измеряемого вещества;
- температура вещества в линии (около чувствительного элемента) приближается к температуре среды, окружающей первичный прибор, которая чаще всего не соответствует температуре измеряемой среды.

Для статических импульсных проводок разработаны типовые монтажные схемы соединений измерительного контура.

Схема соединений трубопроводов измерительного контура отвечает требованиям, изложенным ниже:

- в установленном режиме соблюдается равенство давлений или постоянство разности давлений в месте отбора параметра и перед чувствительным элементом прибора;
- температура вещества (среды) перед чувствительным элементом не превышает величины, допустимой по паспорту для данного прибора, что обеспечивается длиной трубной линии;
- длина трубной линии не должна быть более величины, указанной в паспорте прибора.

Рекомендуемая допустимая длина импульсной линии для различных типов труб и сред с различными параметрами приведена в таблице 15.Т3:

- внутренний диаметр импульсного трубопровода соответствует международному стандарту ИСО 2186 для различных длин и различных измеряемых веществ (таблица 15.Т4);
- длина импульсной линии принимается минимальной; при дистанционной передаче измерительного параметра длина линии обеспечивает приемлемую для технологического процесса величину запаздывания в контуре измерения.

В схеме соединений трубопроводов предусмотрены элементы, обеспечивающие оптимальную работу измерительной линии и удобство ее эксплуатации с учетом требований техники безопасности. К таким элементам относятся следующие:

- запорная арматура для отключений трубной проводки от контролируемой среды;
- запорная арматура для сброса давления из трубной проводки и прибора перед их отсоединением;
- запорная арматура для выравнивания давления в линиях перед дифференциальным прибором;
- запорная арматура для организации продувки и промывки трубной проводки и организации дренажа проводки;
- устройства для сбора выделяющихся газов из жидкости и выделяющейся влаги из газов – газовлагосборники.

Схемы соединений трубопроводов разработаны для измерения давления, разряжения, расхода (по перепаду давления) жидкости и газа, уровня жидкости по гидростатическому давлению.

Расположение измерительного прибора по отношению к месту отбора влияет на выбор схемы соединений.

Расположение прибора может быть:

- на уровне отбора (у места отбора);
- выше места отбора;
- ниже места отбора.

15.5. СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Схемы приведены на 15.Сх1 и 15.Сх2. Измерительный прибор рекомендуется устанавливать выше места отбора. Также измерительный прибор возможно устанавливать около отборного устройства и ниже его.

Во всех случаях отбор необходимо осуществить из верхней части технологического оборудования или горизонтального трубопровода. Ось отборного устройства должна иметь уклон в сторону оборудования/трубопровода. При соблюдении рекомендованных уклонов трубной проводки выделяющаяся из газа жидкость самотеком стекает через отборное устройство в технологическое оборудование/трубопровод.

Во всех случаях расположения прибора необходимо различать схемы исходя из температуры газа.

Если температура газа ниже 60 °С, то применяют схемы 15.Сх1а или 15.Сх1.16 при установке прибора около места отбора давления, 15.Сх2.В1 – при установке прибора выше ОУ (отборное устройство), 15.Сх2Н1 – при установке прибора ниже ОУ.

Если температура газа выше 60 °С, то следует применять соответственно схемы: 15.Сх1.2а, 15.Сх1.2б или 15.Сх1.2в, 15.Сх2.В2 или 15.Сх2.Н2.

Каждая схема содержит кольцеобразную трубку, которая препятствует конвекции газовой среды в импульсной измерительной линии к прибору после кольца.

Расположение прибора ниже отбора по схеме 15.Сх2.Н2 для влажного газа требует применения влагоборника с нижним запорным устройством для организации слива сконденсированной жидкости в дренажный трубопровод или в переносную емкость. Влагоборник можно не предусматривать при измерениях сухого газа (схемы 15.Сх2.Н1, 15.Сх2.Н2).

Измерение параметров запыленного газа предъявляет дополнительные требования к схеме соединений, а именно введение сепарационного вертикального участка высотой 500 мм при отсутствии пульсации давления или $(500 + \Delta l)$ мм при наличии пульсации:

$$\Delta l = \frac{\Delta P}{P_n} \cdot l,$$

где ΔP – величина пульсации давления;

P_n – давление измеряемое, номинальное;

l – длина импульсной линии, мм.

При невозможности введения вертикального участка в импульсную линию следует установить циклон.

15.5.1. Применение разделительного сосуда

В некоторых случаях необходимо применять разделительный сосуд; а именно:

- измеряемый газ агрессивен и прибор неспособен контактировать с ним;
- измеряемый газ нежелательно вводить в щит или помещение, в которых расположен прибор (газ токсичен, взрывоопасен, огнеопасен и т. д.).

Разделительный сосуд заполняется разделительной жидкостью, которая контактирует с измеряемым газом.

Разделительная жидкость (вода, минеральное масло, глицерин, этиловый спирт, этиленгликоль, смеси воды с глицерином, этиленгликолем и др.) также контактирует с материалами чувствительного элемента прибора.

Учитывая двойной контакт разделительной жидкости, проводят ее выбор.

Разделительная жидкость должна:

- не смешиваться и не взаимодействовать, не растворять измеряемый газ;
- не выделять твердые осадки и отложения в течение продолжительного срока;
- не вызывать коррозию материалов прибора, которые соприкасаются с ней.

Разделительный сосуд целесообразно размещать как можно ближе к месту отбора. Трубная проводка от места отбора до разделительного сосуда соответствует схемам для измерения параметров газа, а проводка от сосуда до прибора, которая заполняется разделительной жидкостью, соответствует схемам измерения параметров неагрессивной жидкости.

Схема проводки при установке прибора ниже места отбора приведена на 15.Сх2.Н3. Схема проводки при установке прибора выше места отбора – на 15.Сх2.В3. При этом импульсная линия до разделительного сосуда заполнена агрессивным газом.

Разновидностью разделительного сосуда является мембранный разделитель открытого или закрытого типа.

В открытом мембранном разделителе мембрана составляет часть корпуса с фланцевым соединителем.

Открытый мембранный разделитель устанавливается на фланец технологического трубопровода/оборудования.

В закрытом мембранном разделителе мембрана установлена внутри корпуса разделителя. Закрытый мембранный разделитель устанавливается аналогично установке прибора «по месту» (схема 15.Сх1).

Как правило, мембранный разделитель устанавливается непосредственно рядом с измерительным прибором. Возможно отнести измерительный прибор от разделителя при использовании соединительного рукава длиной 2,5 м.

Мембранный разделитель работает при температурах измеряемой среды от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении до 40 МПа.

При выборе мембранного разделителя следует особо обратить внимание на материал мембраны и корпуса разделителя, которые имеют контакт с измеряемой средой.

Способы защиты прибора и импульсной линии от неблагоприятного воздействия измеряемой среды с помощью постоянной подачи вспомогательной жидкости или газа в измерительную линию к месту отбора параметра приведены в разделе 15.7.

15.6. СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ПАРА

15.6.1. Схемы измерения давления горячей (выше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) жидкости и пара

На 15.Сх3 приведены соответствующие схемы измерений.

Измерительный прибор рекомендуется устанавливать ниже места отбора давления с тем, чтобы обеспечить вывод выделяющихся из жидкости газов через место отбора. Отбор давления из горизонтального трубопровода осуществляется врезкой на уровне осевой линии трубопровода или наклоном врезаемого штуцера вниз. Далее трубная проводка должна иметь уклон с тем, чтобы выделяющиеся газы стравливались в технологический трубопровод/оборудование.

При невозможности обеспечения постоянного уклона от места отбора необходимо в верхней точке (или в нескольких верхних точках) установить арматуру для сбора и периодического выпуска газа.

При отключении технологического оборудования возможно остывание и замерзание жидкости, поэтому в нижних точках проводки следует предусмотреть установку для слива жидкости в дренаж или переносную емкость.

Непосредственно около прибора следует устанавливать арматуру для продувки трубной проводки и проверки прибора.

Схема установки прибора ниже места отбора давления приведена на 15.Сх3.Н2.

Схема установки прибора выше места отбора давления приведена на 15.Сх3.В2.

Для предотвращения образования конвекции горячей жидкости трубная проводка должна иметь спуск не менее 200 мм (схема 15.Сх3.Н2), что достигается, в частности, установкой U-образного участка.

Установка прибора ниже или выше места отбора вызывает изменение величины поправки показаний и шкалы прибора.

Показание прибора $P = P_{и} + \gamma H$,

где $P_{и}$ – давление измеряемое, Па;

γ – удельный вес жидкости/пара, Н/м^3 ;

H – разница высот между местом отбора и прибором, м (H имеет отрицательную величину при установке прибора выше отбора, H имеет положительную величину для прибора, установленного ниже места отбора).

Нижеприведенные примеры взяты из РМ4-23-93; п. 5.2.3 и 5.3.6.

1. Манометр измеряет давление жидкости с удельным весом 18000 Н/м^3 ($1,82 \text{ см}^3$). Манометр установлен на 12 м ниже точки отбора. Номинальное давление в точке отбора – 1 МПа.

Определение величины поправки показаний и шкалы прибора: величина поправки $\Delta p = \gamma H = 18000 \cdot 12 = 216000 \text{ Па} = 0,216 \text{ МПа}$.

Показания прибора $P = 1 + 0,216 = 1,216 \text{ МПа}$.

Выбираем шкалу прибора – 1,6 МПа.

2. Условия те же, что в примере 1, только прибор установлен на 12 м **выше** точки отбора.

$\Delta p = \gamma H = 0,216 \text{ МПа}$.

Показания прибора $P = 1 - 0,216 = 0,784 \text{ МПа}$.

Выбираем прибор со шкалой – 1,0 МПа.

3. Необходимо измерить давление в маслопроводе, изменяющееся в пределах от 0,05 до 0,3 МПа.

Удельный вес масла при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ – 8000 Н/м^3 . Определить предельную высоту уровня манометра над местом отбора:

$$H < \frac{P_{и \text{ min}}}{\gamma} = \frac{0,05 \cdot 10^6}{8000} = 6,25 \text{ м.}$$

Показания манометра на высоте 6 м составят:

при $P_{и} = 0,05 \text{ МПа}$; $P_{м} = 0,05 \cdot 10^6 - 8000 \cdot 6 = 20000 \text{ Па} = 0,02 \text{ МПа}$;

при $P_{и} = 0,3 \text{ МПа}$; $P_{м} = 0,3 \cdot 10^6 - 8000 \cdot 6 = 0,252 \text{ МПа}$.

Из приведенных примеров видно:

– высота установки прибора по отношению к месту отбора давления влияет на выбор шкалы прибора;

– максимальная высота установки прибора зависит от измеряемого давления и удельного веса измеряемой среды.

Расположение прибора у места отбора изображено на схеме 15.Сх1.2а–15.Сх1.2в.

Отбор с использованием кольцеобразной трубки выполняет роль гидрозатвора, который препятствует конвекции жидкости/пара в трубопроводе после кольца.

Предпочтительным является установка прибора по схеме 15.Сх1.2а, при которой взвесь из жидкости не попадает в измерительную линию, а конденсат свободно стекает в технологический трубопровод.

Применение разделительного сосуда отражено в разделе 15.6.3.

15.6.2. Схемы измерения давления холодной (менее 60°С) жидкости

Схемы измерения давления холодной жидкости такие же, как схемы для горячей жидкости/пара, за исключением установки U-образной трубки для снижения влияния высокой температуры и за исключением установки прибора «по месту», когда не используется кольцеобразная трубка. Схемы измерения давления холодной жидкости с установкой измерительного прибора у отбора давления приведены на 15.Сх1.1а, 15.Сх1.1б.

Погрешность, вносимая возможным скоплением газа в отборном устройстве, определяется по формуле

$$\delta = \frac{H \cdot \gamma}{P_{\Pi}} \cdot 100\%,$$

где H – высота установки над местом отбора, м;

γ – удельный вес жидкости, Н/м³;

P_{Π} – давление измеряемое, Па.

Нижеприведенный пример взят из РМ 4-23-93, п. 6.2.2.

Максимально возможная погрешность при измерении давления воды при $P_{\Pi} = 1,0$ МПа и высоте установки прибора $H = 0,15$ м составляет:

$$\delta = \frac{0,15 \cdot 10000}{1000000} \cdot 100 = 0,15\%.$$

Погрешность прибора более 1%, поэтому вносимая отборным устройством погрешность (0,15%) незначительно влияет на результат измерения.

15.6.3. Применение разделительного сосуда

Применение разделительного сосуда при измерении давления жидкости объясняется теми же причинами, что и при применении его для измерения давления газа (раздел 15.5.1). Кроме того, разделительный сосуд применяется тогда, когда измеряемая среда без обогрева становится слишком вязкой или твердой. В этом случае разделительный сосуд помещают в общую теплоизоляцию с технологическим оборудованием/трубопроводом.

Применение специального обогрева импульсной линии греющим электрокабелем или теплоспутником менее целесообразно.

Разделительная жидкость, которая заполняет разделительный сосуд, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней при измерении давления газа:

- не смешиваться, не взаимодействовать с измеряемой жидкостью;
- не выделять твердые осадки и отложения в течение продолжительного времени;
- не вызывать коррозию материалов прибора, которые с ней соприкасаются.

Также разделительная жидкость должна:

- не выделять в течение длительного времени газы;
- отличаться по удельному весу от измеряемой жидкости.

Кроме того, следует различать варианты установки разделительного сосуда с удельным весом разделительной жидкости более или менее удельного веса измеряемой жидкости ($\gamma_p > \gamma_{\Pi}$ или $\gamma_p < \gamma_{\Pi}$) по схемам 15.Сх3 (В3, В4, Н3, Н4).

Показания прибора по приведенным схемам соединений различны.

При нижней установке прибора поправка к показаниям измеряемого давления составляет $\Delta p = \gamma_p H_p + \gamma_n H_n$.

По верхней установке прибора поправка определяется по формуле: $\Delta p = \gamma_p H_p - \gamma_n H_n$.

Применение мембранного разделителя в схеме соединений отражено в разделе 15.5.1.

15.7. СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ С ПОДАЧЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА

Схема соединения трубопроводов при измерении давления жидкости или газа с использованием вспомогательных жидкостей или газов для защиты импульсной линии и прибора от неблагоприятного воздействия измеряемой среды показана на схеме 15.Сх4. Применяется при постоянной подаче вспомогательной жидкости/газа во все время проведения измерения. Такая схема используется при измерении давления загрязненной среды, среды со взвешенными частицами (среда вида «кипящий слой», пульпа, мазут и др.).

Естественно, постоянная подача вспомогательного вещества не должна нарушать ход технологического процесса. Схема дополняет любую из ранее приведенных схем измерения давления без использования разделительных сосудов. В схеме устанавливается либо редуктор расхода, либо игольчатый клапан, с помощью которых по ротаметру устанавливается расход вспомогательного вещества при давлении, которое выше давления измеряемой среды. Погрешность, вносимая расходом вспомогательного вещества, определяется при нулевом давлении в технологическом трубопроводе.

15.8. ОБЩИЕ ДАННЫЕ ПО СХЕМАМ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

В таблице 15.Т6 приведены общие данные по элементам схем измерения давления и формулы, определяющие некоторые длины и высоты, поправки давления и показания прибора, по которым производится выбор схем и отборных устройств для измерения давления газа, пара, жидкости.

Учитывая параметры измеряемой среды и место установки измерительного прибора по отношению к месту отбора давления, которые указаны в шапке таблицы, необходимо в соответствующей графе проанализировать применимость всех элементов схемы и по формулам определить допустимость использования прибора в конкретных условиях предполагаемого его функционирования.

15.9. СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Схемы измерения расхода газа приведены на 15.Сх5.

Следует отметить особенности трубных проводок в этих схемах по отношению к рассмотренным схемам измерения давления газа (раздел 15.5).

В схемах используются две параллельно проложенные измерительные трубопроводные линии «+» и «-» перепада давления), при этом должно быть обеспечено отсутствие в них жидкости/капель жидкости. Уклон импульсных линий не менее 1:12. Все условия работоспособности схемы измерения давления полностью применены к схеме измерения расхода, разделительные сосуды в обеих импульсных линиях устанавливаются на одном уровне, запорная арматура устанавливается на вертикальных участках с целью исключения образования застойных зон в линиях (запорная арматура в уравнивательной линии на горизонтальном участке трубы).

Прибор измерительный рекомендуется устанавливать выше места отбора давления. При установке прибора ниже места отбора применяют влагосборники с устройствами дренажа линий.

15.10. СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Схемы приведены на 15.Сх6 с отборным устройством ОУЖ1 или ОУЖ2.

Отборное устройство ОУЖ1 применимо:

- при температуре жидкости менее 100 °С;
- при температуре жидкости более 100 °С и величиной изменения объема чувствительного элемента (подмембранного пространства) измерительного прибора менее 15 см³ («Сапфир», ДСС, ДСП и т. п.).

Отборное устройство ОУЖ2 с использованием уравнивательных сосудов применимо:

- при температуре жидкости более 100 °С и величиной изменения объема чувствительного элемента (подмембранного пространства) измерительного прибора более 15 см³.

Условия работоспособности данных схем совпадают с условиями для схем измерения давления жидкости. Особенность данных схем в том, что они составлены для двух параллельно прокладываемых импульсных линий («+» и «-» перепада давления) при обеспечении равенства гидростатических напоров столба жидкости в каждой из импульсных линий путем установки двух конденсационных или разделительных сосудов на одном уровне. Трубные проводки при измерении расхода жидкости прокладывают с уклоном не менее 12 % по ГОСТ 8.586.5-2005. Значительный уклон необходим для лучшего удаления пузырьков газа с целью снижения уменьшения перепада давления в линии за счет изменения реального сечения трубок и увеличения погрешности измерения.

Рекомендуется для уменьшения длин трубных проводок устанавливать прибор как можно ближе к месту отбора импульса.

В случае применения измерительного прибора со значительным объемом чувствительного элемента (выше 15 см³), что вызывает определенное перемещение измеряемой жидкости в импульсных линиях, необходимо устанавливать уравнивательные сосуды объемом более 100 см³ каждый.

Прибор измерения расхода следует располагать ниже сужающего устройства (15.Сх6.Ж1, Ж2, Ж3, Ж4).

Схема соединений при установке прибора выше сужающего устройства приведена на 15.Сх6.Ж5 (Ж6, Ж7, Ж8). Допустимая высота расположения прибора изме-

рения расхода над местом отбора давлений определяется аналогично приведенной в разделе 15.6.1.

Измерение расхода агрессивных жидкостей производится с использованием разделительного сосуда в каждой из импульсных линий аналогично использованию сосуда при измерении давления агрессивной жидкости (раздел 15.6.3).

Отметим, что более предпочтительной является схема с использованием разделительной жидкости при $\gamma_p < \gamma_{и}$.

Возможно также применение схем с разделительной жидкостью, удельный вес которой $\gamma_p > \gamma_{и}$.

Каждая из двух схем имеет врожденные недостатки при их эксплуатации.

15.11. СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ПАРА МЕТОДОМ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Схемы приведены на 15.Сх6 с отборным устройством ОУП.

Прибор измерения расхода пара рекомендуется располагать ниже сужающего устройства, а при давлении в паропроводе более 0,2 МПа возможна установка прибора выше места отбора.

Равенство уровней конденсата в «+» и «-» линиях проводки обеспечивается установкой непосредственно рядом с сужающим устройством конденсационных сосудов КС.

Боковые отверстия обоих сосудов должны находиться на одной высоте и располагаться для вертикальных трубопроводов на высоте верхнего отверстия в сужающем устройстве, а для горизонтальных трубопроводов – в горизонтальной плоскости, проходящей через ось трубопровода.

При использовании прибора с тензометрическим компенсационным датчиком в связи с малой величиной изменения объема чувствительного элемента (не более 1,7 см³) необходимость в применении конденсационных сосудов отсутствует. Однако для образования одинакового гидростатического давления конденсата в обеих линиях необходимо вывести горизонтальный участок подключения труб к сужающему устройству на вертикальном трубопроводе на уровень верхнего отверстия. Роль уравнительных сосудов выполняют отводы.

15.12. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Схемы измерения уровня жидкости в резервуаре приведены на 15.Сх7.

Работа схемы в принципиальном плане аналогична работе схем измерения расхода методом перепада давления (15.10 и 15.11).

В конструктивно-технологическом плане различия заключаются в следующем.

«Плюсовая» измерительная линия имеет место отбора давления на высоте наименьшего контролируемого уровня жидкости в резервуаре.

«Минусовая» импульсная линия имеет технологические отличия при измерении уровня жидкости в открытом резервуаре, при измерении уровня в резервуаре под давлением для жидкости с усиленным конденсатообразованием и для жидкости со слабым конденсатообразованием.

При измерении уровня жидкости в открытом резервуаре в «минусовой» линии для приборов с большим объемом подмембранного пространства устанавливают уравнильный сосуд. Уровень жидкости в этом сосуде определяется уровнем места отбора давления в «плюсовой» импульсной линии (ОУРО1). Для приборов с тензометрическим датчиком на уровне «плюсового» отбора предусматривают отвод-колени (ОУРО2).

При измерении уровня жидкости в открытом резервуаре с использованием разделительных сосудов (15.Сх7.Р2, Р3) в «минусовой» линии устанавливается разделительный сосуд с разделительной жидкостью, уровень которой находится на уровне места отбора давления измеряемой жидкости из резервуара. Величина поправки показаний прибора зависит от удельных весов измеряемой жидкости $\gamma_{и}$ и разделительной $\gamma_{р}$ жидкостей.

Если $\gamma_{р} > \gamma_{и}$ – разделительная жидкость тяжелее измерительной жидкости, то $\Delta p = \gamma_{и} \cdot \Delta h$.

Если $\gamma_{р} < \gamma_{и}$ – разделительная жидкость легче измерительной жидкости, то $\Delta p = (\gamma_{и} - \gamma_{р}) \Delta h$.

Для прибора с тензометрическим датчиком желательно применить отвод-колени вместо уравнильного сосуда.

При измерении уровня жидкости в резервуаре под давлением в «минусовой» линии устанавливается уравнильный сосуд на высоте, которая соответствует верхнему пределу измерения уровня жидкости.

Наличие или отсутствие сильного конденсатообразования влияет на подключение запорного органа на импульсной линии. При слабом конденсатообразовании запорный орган отсекает уравнильный сосуд от резервуара при ремонтных работах, а при сильном – отключает импульсную линию от уравнильного сосуда.

Применение разделительных сосудов при измерении уровня жидкости в резервуаре под давлением аналогично применению их при измерении расхода жидкости при установке прибора ниже сужающего устройства; разделительные сосуды устанавливаются вблизи от отбора нижнего уровня и подключаются в зависимости от соотношения удельных весов измеряемой и разделительной жидкости (схема 15.Сх7.Р5, Р6).

15.13. ЗАКЛАДНЫЕ И ОТБОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Схема измерительной трубной проводки, которая выбрана с учетом требования организационной структуры АСУТП, технических параметров измерительного прибора и параметров технологического процесса; технологического трубопровода или аппарата, в свою очередь, позволяет выбрать закладную конструкцию и отборное устройство для применения при установке средств автоматизации и прокладке импульсных линий.

Приведем определения некоторых терминов, связанных с монтажом полевых средств автоматизации.

Закладная конструкция – (СНиП 3.05.07-85, приложение 3) – закладной элемент, деталь или сборочная единица, неразъемно встраиваемая в строительные конструкции (швеллер, уголок, гильза, патрубок, плита с гильзами, коробка с песочным

затвором, подвесные потолочные конструкции и т. п.) или в технологические аппараты и трубопроводы (бобышки, штуцера, карманы и гильзы для прибора и т. п.).

Отборное устройство (МР 14-02-2003) – изделие, применяемое в качестве закладного элемента, устанавливаемого в технологических и инженерных аппаратах, оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, газоходах и др.), на котором устанавливают прибор для измерения давления (разрежения, напора, тяги) или к которому подключают импульсные линии для подвода измеряемой среды к прибору, установленному на расстоянии от места отбора импульса.

Как понятно из приведенных определений – отборное устройство включает в себя закладной элемент или конструкцию. Закладным устройством иногда называют отборное устройство с входящим в него закладной конструкцией.

В ГОСТ 21.401-88 «Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам» в качестве элемента технологического трубопровода включаются «устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления» (приложение 1, п. 7).

По СНиП 3.05.07-85, п. 2.12, к началу монтажа систем автоматизации на технологическом, санитарно-техническом и других видах оборудования, на трубопроводах должны быть установлены:

- закладные и защитные конструкции для монтажа первичных приборов. Закладные конструкции для установки отборных устройств давления, расхода и уровня должны заканчиваться запорной арматурой;

- приборы и средства автоматизации, встраиваемые в трубопроводы, воздухопроводы и аппараты (сужающие устройства, объемные и скоростные счетчики, ротаметры, проточные датчики расходомеров и концентратомеров, уровнемеры всех типов, регулирующие органы и т. п.).

Отмеченное в СНиП интересует нас в данной главе как элементы и устройства, от которых начинается/заканчиваются трубные проводки-импульсные, командные или дренажные линии, а также электрические проводки – измерительные, контрольные, сигнальные или питающие цепи.

Указанные устройства, в том числе отборные устройства, предусматриваются чертежами технологической части проекта по заданиям разработчиков систем автоматизации и АСУТП.

Для подготовки задания на установку закладных элементов и отборных устройств следует использовать разработанные в ассоциации «Монтажавтоматика», г. Москва, чертежи закладных конструкций и монтажные чертежи установки приборов на оборудовании и трубопроводах. Примерный перечень чертежей приведен в таблице 15.Т7.

Отборное устройство должно иметь соответствующее климатическое исполнение и стойкость к внешней атмосфере, что обеспечивается нанесением покрытий (защитных и теплоизоляционных) после монтажа устройства.

В задании на установку закладных устройств необходимо указать на необходимость укрепления отверстия в технологическом трубопроводе или оборудовании, нанесения покрытий на отборное устройство.

Отборное устройство ОАО «Монтажавтоматика» имеет обозначение, в которое включены данные основных характеристик устройства.

Схема обозначения отборного устройства такова:



Чертежи закладных конструкций ЗК используют в качестве заданий для установки закладных конструкций в технологическом или инженерном оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, газоходах, пылепроводах и т. п.). В этих целях разработчики рабочей документации систем автоматизации и АСУТП записывают примененные чертежи ЗК в перечень закладных конструкций листа «Общие данные» рабочей документации систем автоматизации.

Запись условного обозначения чертежей ЗК осуществляют в графу перечня «Устанавливаемые закладные конструкции и присоединительные устройства» по следующим правилам:

- в графе «Наименование, характеристика или тип» приводят наименование отборного устройства;
- в графе «Обозначение чертежа установки» – условное обозначение установки по указаниям чертежа ЗК.

Специалисты по проектированию технологии производства (ТХ или другие) по полученному от разработчиков систем автоматизации и АСУТП заданию наносят на схему соединений (монтажную) места установки закладных конструкций с позиционным или буквенно-цифровым обозначением закладной конструкции, которое указано в задании.

Затем в соответствии со схемой соединения выполняется чертеж расположения оборудования и трубопроводов (чертеж расположения) с указанием и обозначением элемента закладной конструкции для отборного устройства СА и АСУТП.

Закладная конструкция и отборное устройство включается как элемент в «ведомость трубопроводов».

Далее примененное в чертеже отборное устройство записывают в качестве готового изделия в спецификацию оборудования марки ТХ (или марок инженерных систем).

Примеры записи отборных устройств в спецификацию оборудования:

1. Отборного устройства прямого для установки манометра, на P_y 16 МПа, при температуре измеряемой среды до 200 °С:

Устройство отборное 16-200-12Х18Н9Т-МП-(КЗ 21215-06);

2. Отборного устройства углового для установки манометра, из углеродистой стали на P_y 16 МПа, при температуре измеряемой среды до 70 °С:

Устройство отборное 16-70-Ст.20-МУ-(Р 1326-00-00);

3. Отборного устройства для подключения импульсной линии, из нержавеющей стали на P_y 16 МПа, при температуре измеряемой среды до 300 °С:

Устройство отборное 16-300-12Х18Н9Т-Л-(ПЗ.2286-015-06);

4. Отборного устройства для подключения импульсной линии с циклоном при температуре измеряемой среды до 550 °С, кирпичной кладки толщиной 197 мм:

Устройство отборное 0,01-550-12Х1МФ-Л-(5), DN20 $L_1 = 197$ мм;

5. Отборного устройства для подключения импульсной линии на вентиляционном коробе:

Устройство отборное 0,01-200-Ст20-(2), G-1/2".

Схема соединений (монтажная) в случае ее разработки отдельно от схемы автоматизации, чертеж расположения должны быть согласованы разработчиком ТХ (или инженерных систем) с проектировщиком АТХ (АСУТП). Такое согласование необходимо, учитывая что проектировщик ТХ имеет профессиональное инженерное право ревизовать полученное «Задание на установку ЗК» по месту установки, технологическим параметрам процесса в месте отбора, примененным материалам, запорном оборудовании и т. п.

На основании согласованных схемных решений проектировщик АТХ (АСУТП) выпускает схему соединений (схему подключений) трубных проводов и схему расположения оборудования.

Схема расположения, разработанная специалистами по АТХ (АСУТП), должна быть ими согласована с проектантами ТХ (или инженерных систем).

Приведенный организационно-технический порядок реализации проектирования трубных проводов является наиболее оптимальным.

При отсутствии проектировщика ТХ (инженерных систем), например, при техническом перевооружении действующего предприятия только в части АСУТП, все перечисленные выше – выбор, разработка и специфицирование отборных устройств – выполняет разработчик АСУТП с проведением необходимых согласований с Заказчиком (организацией, выдавшей «Задание на создание АСУТП»).

15.14. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 8.586.5-2005	Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений
ГОСТ 21.401-88	СПДС. Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам
ГОСТ 3262-75	Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия
ГОСТ 8734-75	Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент
ГОСТ 24856-81	Арматура трубопроводная промышленная. Термины и определения
ИСО 2186-73	Измерение расхода жидкости в закрытых каналах
МР 14-02-2003	Выбор и применение отборных устройств для приборов измерения давления
ПБ 03-585-03	Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов
ПБ 03-591-03	Правила устройства и безопасной эксплуатации факельных систем
РМ 4-6-92 ч.2	Системы автоматизации технологических процессов проектирования электрических и трубных проводок. Часть 2. Трубные проводки
РМ 4-23-93	Системы автоматизации технологических процессов проектирования электрических и трубных проводок. Схемы трубных проводок для измерения давления, расходов, уровня. Правила построения
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации

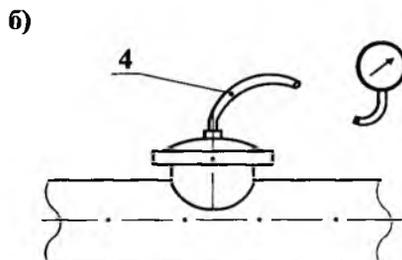
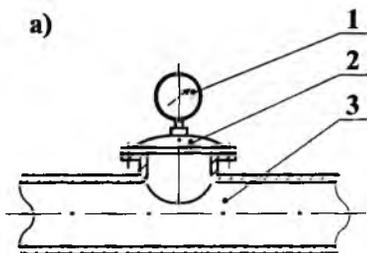
15.15. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Вспомогательная линия	15.1
Дренажная линия	15.1
Динамическая линия измерения	15.4
Задвижка	15.3
Закладная конструкция	15.13
Импульсная линия связи	15.1
Клапан (нежелательный термин — вентиль)	15.3
Командная линия связи	15.1
Кран	15.3
Линия питания	15.1
Линия обогрева/охлаждения	15.1
Отборное устройство	15.13
Статическая линия измерения	15.4
Трубная проводка	15.1

Установка приборов с мембранным разделителем:

а – установка прибора на мембранном разделителе;

б – установка прибора с использованием соединительного рукава



1 – манометр; **2** – мембранный разделитель; **3** – объект измерения; **4** – соединительный рукав длиной 2,5 м (заказывается в комплекте с мембранным разделителем и прибором)

Схема 15.Сх1

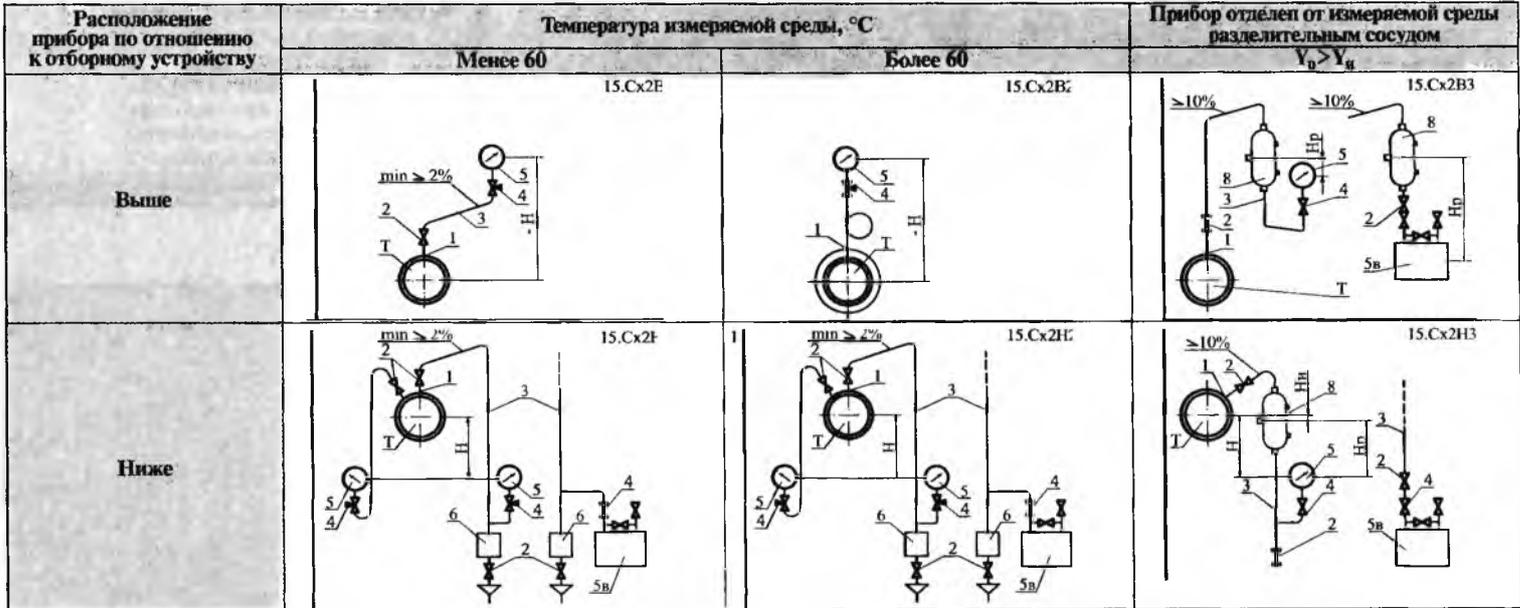
Давление жидкости, пара, газа при расположении прибора (манометра)
у места отбора давления (применяемость схемы установки прибора)

Продукт		Температура, °С				
		Менее 60		Более 60		
Жидкость		+	+	+	+	+
Пар		-	-	+	+	+
Газ		+	-	+	-	-
Схема	№ схемы	15.Сх1.1а	15.Сх1.1б	15.Сх1.2а	15.Сх1.2б	15.Сх1.2в
	Изображение схемы					

Условные обозначения

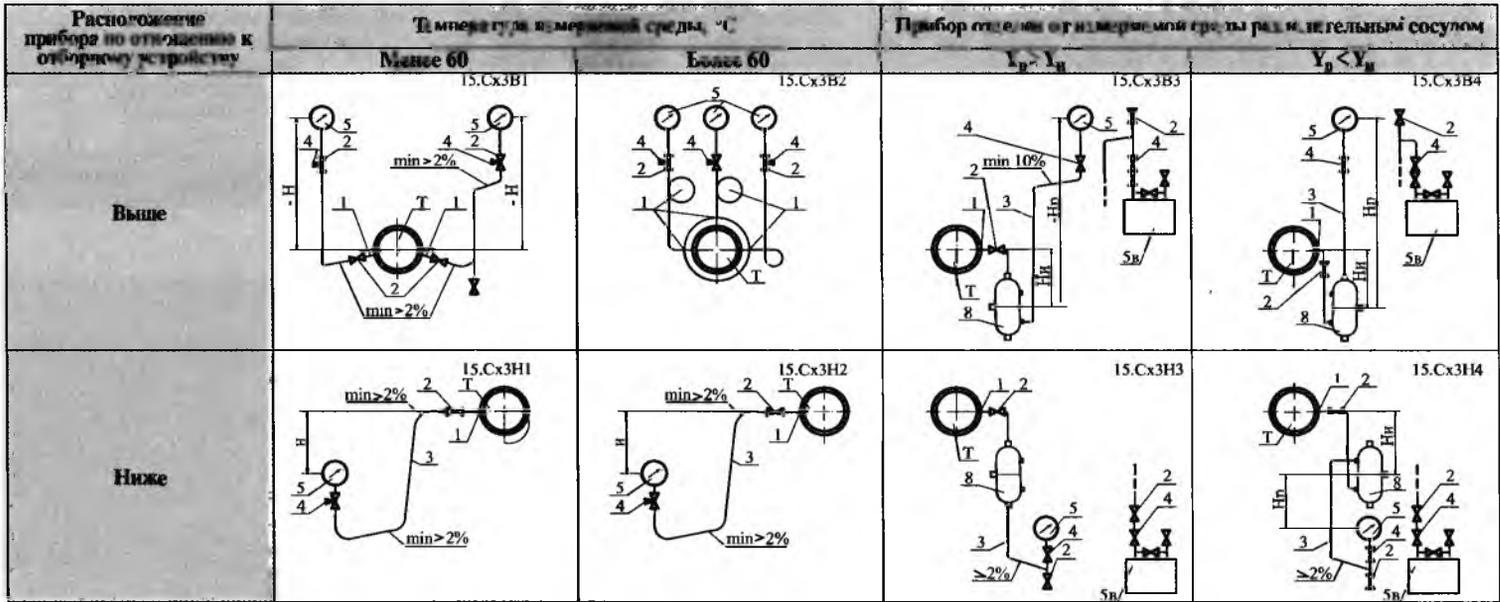
Обозначение	Наименование устройства, элемента
1	Отборное устройство
4	Клапан установочный (продувочный) у прибора
5	Прибор с нижним штуцером
Т	Технологическое оборудование
Н	Разница высот между местом установки отбора и прибора

Схемы измерения давления газа



Условные обозначения

Обозначение	Наименование устройства, элемента	Обозначение	Наименование устройства, элемента	Обозначение	Наименование устройства, элемента
1	Отборное устройство	6	Влагосборник	$H_{и}$	Разница высот между местом установки отбора и уровнем разделительной жидкости
2	Запорный клапан (вентиль)	8	Сосуд разделительный	H_p	Разница высот между уровнем разделительной жидкости и прибором
3	Импульсная измерительная трубка (линия)	Т	Технологическое оборудование	$\gamma_{и}$	Удельный вес измерительной среды, $H/м^3$ (г/см ³)
4	Клапан установочный (продувочный) у прибора	Н	Разница высот между местом установки отбора и прибора: +Н – при отборе выше прибора, –Н – при приборе выше отбора	γ_p	Удельный вес разделительной жидкости, $H/м^3$ (г/см ³)
5	Прибор с нижним штуцером				
5в	Прибор с верхним штуцером				



Условные обозначения

Обозначение	Наименование устройства, элемента	Обозначение	Наименование устройства, элемента	Обозначение	Наименование устройства, элемента
1	Отборное устройство	6*	Влагосборник	H_n	Разница высот между местом установки отбора и уровнем разделительной жидкости
2	Запорный клапан (вентиль)	8	Сосуд разделительный	H_p	Разница высот между уровнем разделительной жидкости и прибором
3	Импульсная измерительная трубка (линия)	T	Технологическое оборудование	γ_m	Удельный вес измерительной среды, $H/м^3$ ($г/см^3$)
4	Клапан установочный (продувочный) у прибора	H	Разница высот между местом установки отбора и прибора: +H – при отборе выше прибора, -H – при приборе выше отбора	γ_p	Удельный вес разделительной жидкости, $H/м^3$ ($г/см^3$)
5	Прибор с нижним штуцером				
5В	Прибор с верхним штуцером				

* На данных схемах отсутствует.

Схема 15.Сх4

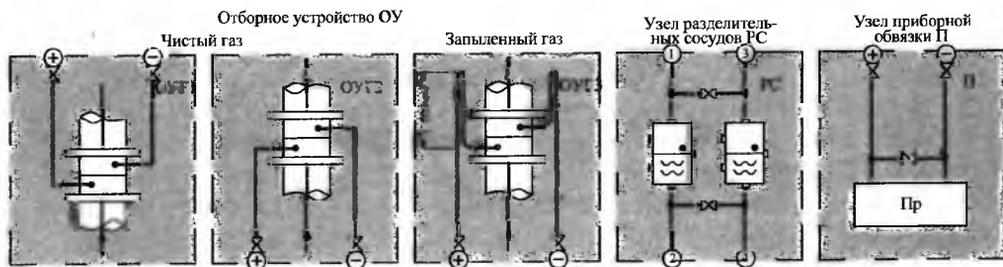
Схема подачи вспомогательной жидкости (газа) в измерительные линии



Условные обозначения

Обозначение	Наименование устройства, элемента
1	Отборное устройство
2	Запорный клапан
4	Клапан установочный (продувочный) у прибора
9	Коллектор вспомогательной жидкости (газа)
9а	Линия подвода вспомогательной жидкости (газа)
10	Редуктор или игольчатый клапан
11	Ротаметр
Т	Технологическое оборудование

Расход газа



Схемы соединений при расположении прибора Пр выше отборного устройства ОУ с использованием разделительных сосудов (газ агрессивен)

Схема 15.Сх5.Г1
Чистый газ

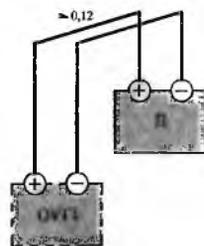


Схема 15.Сх5.Г2
Газ агрессивен (с использованием разделительных сосудов)
РС около ОУ
 $\gamma_p > \gamma_n$

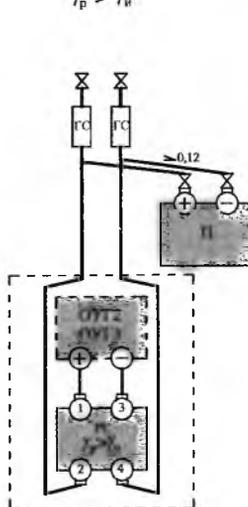
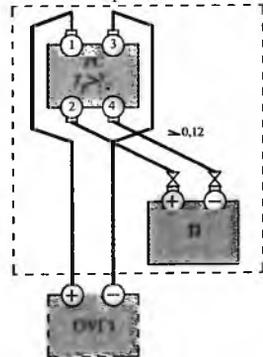


Схема 15.Сх5.Г3
Газ агрессивен (с использованием разделительных сосудов)
РС около П
 $\gamma_p > \gamma_n$



Схемы соединений при расположении прибора Пр ниже отборного устройства ОУ

Схема 15.Сх5.Г4
Без разделительных сосудов

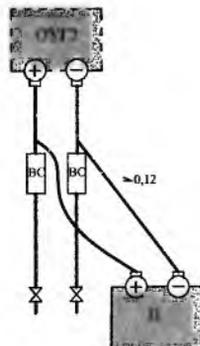
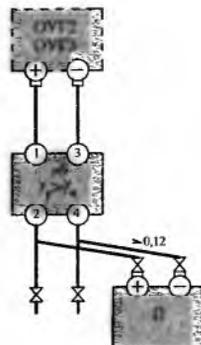
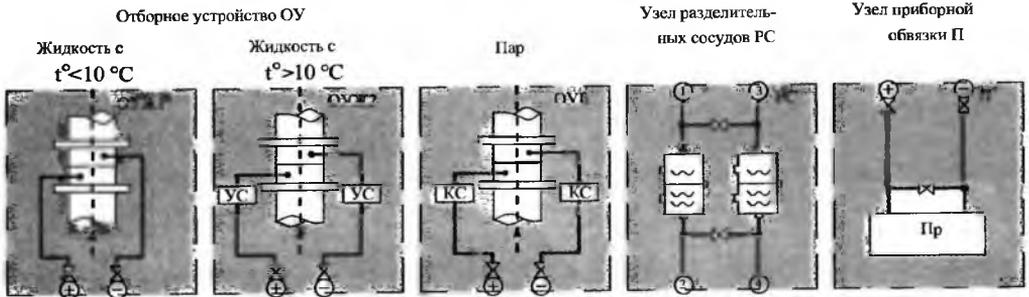


Схема 15.Сх5.Г5
С разделительными сосудами РС (газ агрессивен)



Расход жидкости и пара



Схемы соединений при расположении прибора Пр ниже отборного устройства ОУ

Схема 15.Сх6.Ж1
Чистая жидкость
Пар

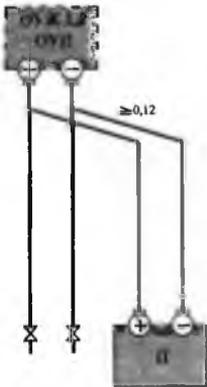


Схема 15.Сх6.Ж2
Жидкость с выпадающим осадком

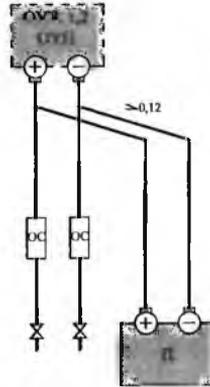


Схема 15.Сх6.Ж3
Жидкость агрессивная
(с использованием разделительных сосудов)

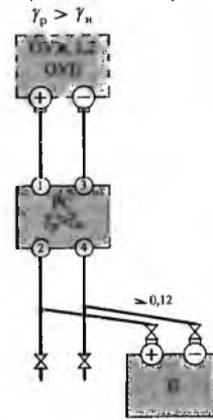
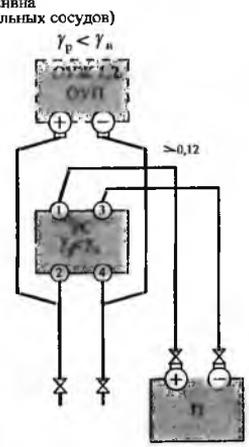


Схема 15.Сх6.Ж4



Схемы соединений при расположении прибора Пр выше отборного устройства ОУ

Схема 15.Сх6.Ж5
Чистая жидкость
Пар

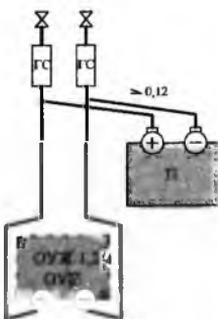


Схема 15.Сх6.Ж6
Жидкость с выпадающим осадком

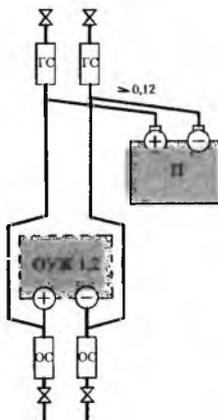


Схема 15.Сх6.Ж7

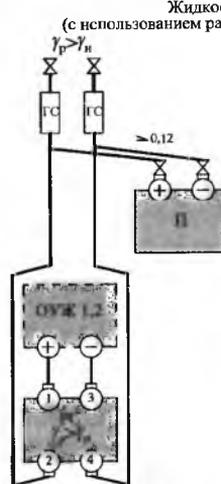
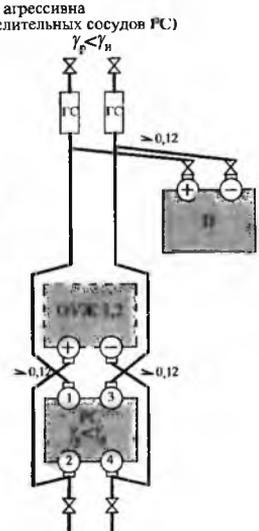


Схема 15.Сх6.Ж8



Уровень жидкости в резервуаре

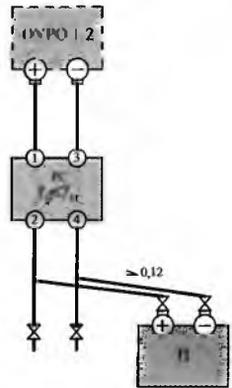
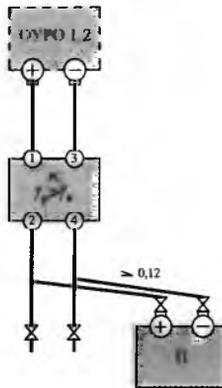
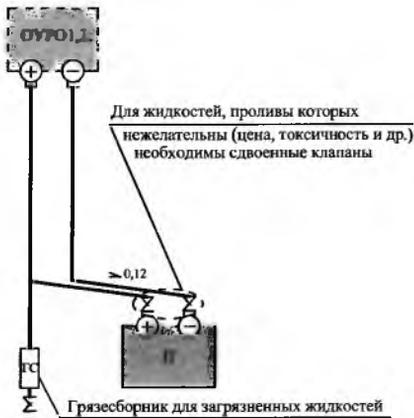


Схемы соединений для резервуара под атмосферным давлением

Схема 15.Сх7.Р1
Не агрессивная жидкость

Схема 15.Сх7.Р2
Агрессивная жидкость (с использованием разделительных сосудов)

Схема 15.Сх7.Р3
Агрессивная жидкость (с использованием разделительных сосудов)



Схемы соединений для резервуаров под избыточным давлением

Схема 15.Сх7.Р4
Не агрессивная жидкость

Схема 15.Сх7.Р5
Агрессивная жидкость (с использованием разделительных сосудов)

Схема 15.Сх7.Р6
Агрессивная жидкость (с использованием разделительных сосудов)

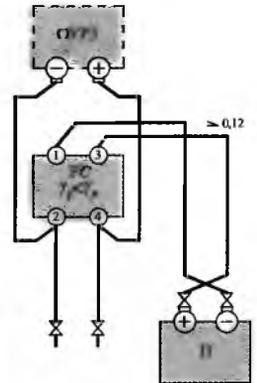
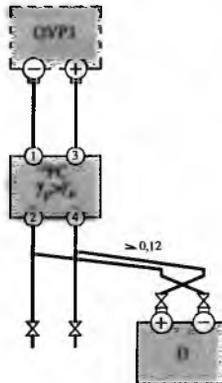
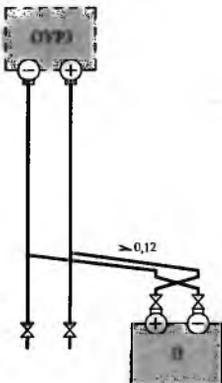


Таблица 15.Т1

Использование трубопроводов для сред (веществ) различных групп в АСУТП

Трубопровод (трубная линия связи)	Среды							
	Техно- логиче- ская	Ко- манд- ная	Обо- грева- ющая	Охлажда- ющая	Продуктовая	Промышлен- ная	Защитная	
Импульсный	А(а), А(б), В, Б(а), Б(б), Б(в)	—	—	—	Перио- дически В	Перио- дически В	В; на участ- ке от ввода защитной среды до места отбо- ра А, Б, В. Примеч. 6	
Командный	—	Б(в), В	—	—	Возмож- но В	Возмож- но В	—	
Питающий для командной среды	—	Б(в), В	—	—	Возмож- но В	Возмож- но В	—	
Обогревающий	—	—	В(Б(в))	—	—	—	—	
Охлаждающий	—	—	—	В	—	—	—	
Вспомогательный	Защитный	В	—	—	—	—	В	
	Промы- вочный, продувоч- ный	—	—	—	В	В	—	
	Отводя- щий техно- логическую среду (от- водной)	А(а), А(б), В, Б(а), Б(б), Б(в)	—	—	—	Возмож- но В	Возмож- но В	—
Дренажный (сливной)	Техноло- гическую среду	А, Б	Б(в)	Б(в)	—	—	Промывка импульс- ных труб А, Б, В	—
	Пром- стоки	В	В	В	В	В	В	В

Примечания:

1. В импульсном трубопроводе от места отбора импульса до прибора или разделительного сосуда находится технологическая среда любой группы А(а), А(б), Б(а), Б(б), В.

2. В дренажной (сливной) трубопровод при проведении операции опорожнения (слива) импульсного трубопровода попадает технологическая среда группы А, Б.

В трубопровод промстоков может поступать дренируемая среда группы В.

3. Командный и питающий трубопроводы могут наполняться гидровеществом — возду-
хом, водой, маслом (группы В и Б(в)) соответственно.

4. В обогревающем трубопроводе может использоваться высокотемпературный носитель (минеральное масло и т. п.) группы Б(в).

5. При опорожнении командного, питающего или обогревающего трубопровода с веществом группы Б(в) в дренажный трубопровод попадает среда группы Б(в).

6. Защитная среда группы В попадает в импульсный трубопровод; на участке от места ввода защитной среды до места отбора защитная среда имеет группу А, Б или В.

Таблица 15.Т1а

**Группы и категории трубопроводов систем автоматизации
в зависимости от заполняемой среды и рабочего давления**

Функциональное назначение трубной проводки	Заполняющая среда и ее параметры	Группа трубной проводки	Категория трубной проводки
Командные и питающие системы пневмо- и гидроавтоматики, обогревающие и охлаждающие	Вода, воздух $P_p \leq 1,6 \text{ МПа (16 кгс/см}^2\text{)}$	В	V
Командные системы гидроавтоматики	Масло при $P_p \leq 2,5 \text{ МПа (25 кгс/см}^2\text{)}$	А(б)	II
	” ” $P_p > 2,5 \text{ МПа (25 кгс/см}^2\text{)}$		I
Импульсные, дренажные и вспомогательные	Воздух, вода, пар, инертные газы, трудногорючие и негорючие газы и жидкости при $P_p \text{ до } 10 \text{ МПа (100 кгс/см}^2\text{)}$	В	По ПБ 03-585-03
	Другие газы и жидкости		По ПБ 03-585-03

Классификация трубопроводов $P_y \leq 10$ МПа (100 кгс/см²)

Группа	Транспортируемые вещества	Категория трубопроводов										Класс герметичности затвора для трубопровода
		I		II		III		IV		V		
		$P_{расч.}$, МПа (кгс/см ²)	$t_{расч.}$, °С	$P_{расч.}$, МПа (кгс/см ²)	$t_{расч.}$, °С	$P_{расч.}$, МПа (кгс/см ²)	$t_{расч.}$, °С	$P_{расч.}$, МПа (кгс/см ²)	$t_{расч.}$, °С	$P_{расч.}$, МПа (кгс/см ²)	$t_{расч.}$, °С	
А	Вещества с токсичным действием а) чрезвычайно и высокоопасные вещества классов 1, 2	Независимо	Независимо	—	—	—	—	—	—	—	—	А
	б) умеренно опасные вещества класса 3	Свыше 2,5 (25)	Свыше 300 ниже минус 40	Вакуум от 0,08 (0,8) (абс) до 2,5 (25)	От минус 40 до 300	—	—	—	—	—	—	
		Вакуум ниже 0,08 (0,8) (абс)	Независимо	—	—	—	—	—	—	—	—	
Б	Взрыво- и пожароопасные вещества а) горючие газы (ГГ), в том числе сжиженные углеводородные газы (СУГ)	Свыше 2,5 (25)	Свыше 300 ниже минус 40	Вакуум от 0,08 (0,8) (абс) до 2,5 (25)	От минус 40 до 300	—	—	—	—	—	—	А
	б) легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ)	Вакуум ниже 0,08 (0,8) (абс)	Независимо	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Свыше 2,5 (25)	Свыше 300 ниже минус 40	Свыше 1,6 (16) до 2,5 (25)	От 120 до 300	До 1,6 (16)	От минус 40 до 120	—	—	—	—	
		Вакуум ниже 0,08 (0,8) (абс)	Независимо	Вакуум выше 0,08 (0,8) (абс)	От минус 40 до 300	—	—	—	—	—	—	

Б	в) горючие жидкости (ПК)	Свыше 6,3 (63)	Свыше 350 и ниже минус 40	Свыше 2,5 (25) до 6,3 (63)	Свыше 250 до 350	Свыше 1,6 (16) до 2,5 (25)	Свыше 120 до 250	До 1,6 (16)	От минус 40 до 250	—	—	В
		Вакуум ниже 0,08 (0,8) (абс)	То же	Вакуум ниже 0,08 (0,8) (абс)	То же	Вакуум до 0,08 (0,8) (абс)	От минус 40 до 250	—	—	—	—	
В	Трудногорючие (ТГ) и негорючие вещества (НГ)	Вакуум ниже 0,003 (0,03) (абс)		Свыше 6,3 (63) вакуум ниже 0,63 (0,8) (абс)	Свыше 350 до 450	Свыше 2,5 (25) до 6,3 (63)	От 250 до 350	Свыше 1,6 (16) до 2,5 (25)	Свыше 120 до 250	До 1,6 (16)	От минус 40 до 120	С

Примечание. Таблица 15.Т2 соответствует таблице 1 ПБ 03-585-03.

Таблица 15.Т3

Рекомендуемый сортамент и материал труб для наиболее распространенных импульсных линий трубных проводок и допустимая их длина

Наименование, материал, условный диаметр трубы		Давление среды, МПа (кгс/см ²)				Давление среды или перепад давления, кгт/м ²			
		t° среды < 175 °С		t° среды < 400 °С		t° среды < 175 °С			
		0,025–1,0 (0,25–10)	1,0–1,6 (10–16)	1,6–10,0 (16–100)	10,0–25,0 (100–250)	<10	10–25	25–150	250–2500
Бесшовная ГОСТ 8734-75	Ст. 10	–	Г-60 Ж-60 ГА-30 ЖА-30	Г-60 Ж-60 ГА-30	–	–	–	–	Г-60
	Ст. 20	–	–	–	Г-60 Ж-60 ГА-30	–	–	–	–
Стальная водогазо- проводная ГОСТ 3262-75	8	Г-60	Г-60 Ж-60 ГА-30 ЖА-30	–	–	–	–	–	–
	15	Г-60 Ж-60	Г-60 Ж-60	–	–	–	Г-15	Г-15	Г-60 ГА-10
	20	–	–	–	–	Г-15	Г-30	Г-60	–
	25	–	–	–	–	Г-30	–	–	–

Примечания:

1. Таблица носит справочный характер и применима для неагрессивных транспортируемых и окружающих сред.
2. В таблице использованы символы обозначения сред: Г – газ, Ж – жидкость, пар, ГА – подача газа на анализатор; ЖА – подача жидкости, пара на анализ.
3. Через тире после символа среды указана допустимая для данной среды и импульсного трубопровода длина импульсной линии в м; например, Г-60: среда газообразная, длина импульсной линии менее 60 м.

Таблица 15.Т4

Внутренний диаметр (мм) импульсной линии связи в зависимости от длины для различных измеряемых веществ по международному стандарту ИСО 2186-73

Измеряемое вещество	Расстояние, на которое передается сигнал давления		
	0–16 м	16–45 м	45–90 м
Вода, пар, воздух, сухой газ	7–9	10	13
Воздух или влажный газ (имеется возможность конденсации паров в трубах)	13	13	13
Масса малой и средней вязкости	13	19	25
Очень загрязненные жидкости или газ	25	25	38

Примечание. Таблица 15.Т4 соответствует приложению 5 РМ 4-6-92 часть 2, ГОСТ 8.586.5-2005 (таблица 4).

Таблица 15.Т5

Выбор типа уплотнительной поверхности фланцев

Среда	Давление Р, МПа (кгс/см ²)	Рекомендуемый тип уплотнительной поверхности
Все вещества группы В	≤ 2,5 (25)	Гладкая
Все вещества групп А, Б, кроме А (а) и ВОТ (высокотемпературный теплоноситель)	≤ 2,5 (25)	Гладкая
Все группы веществ, кроме ВОТ	> 2,5 (25) < 6,3 (63)	Выступ – впадина
Вещества группы А (а)	≤ 0,25 (2,5)	Гладкая
Вещества группы А (а)	> 0,25 (2,5)	Выступ – впадина
ВОТ	Независимо	Шип – паз
Фреон, аммиак	Независимо	Выступ – впадина
Все группы веществ при вакууме	От 0,095 до 0,05 абс. (0,95–0,5)	Гладкая
Все группы веществ при вакууме	От 0,05 до 0,001 абс. (0,5–0,01)	Шип – паз
Все группы веществ	≥ 6,3 (63)	Под линзовую прокладку или прокладку овального сечения

**Общие данные по элементам и некоторые формулы
по схемам измерения давления газа и жидкости**

Элементы схемы измерения	Обозначение элементов	Газ						Жидкость					
		Прибор выше отбора	Прибор ниже отбора		Прибор по месту		Газ запыленный	Прибор ниже отбора		Прибор выше отбора		Прибор по месту	
			Газ сухой	Газ влажный	t < 60°C	t > 60°C		t < 60°C	t > 60°C	t < 60°C	t > 60°C	t < 60°C	t > 60°C
Клапан запорно-продувочный	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Клапан запорный у отбора	2	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
Кольцеобразная трубка	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
U-образный участок	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ при спуске < 200 мм	-	-
Сепарационный вертикальный участок	3	-	-	-	-	-	> 500 мм без 6	-	-	-	-	-	-
Уклон без вертикального участка		-	-	-	-	-	+ без 5	-	-	-	-	-	-
Уклон проводок, %		> 2	> 2	> 2	-	-	-	> 2	> 2	> 2	> 2	-	-
Влагоотделитель + запорный орган	6 + 2	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Элементы схем измерения	Соб- ственные эле- менты	Газ						Жидкость					
		При- бор выше отбо- ра	Прибор меж- отбора		Прибор по месту		Газ за- пы- лен- ный	Прибор ниже отбора		Прибор выше отбора		Прибор по месту	
			Ва- су- хой	Газ влаж- ный	t < 60 °С	t > 60 °С		t < 60 °С	t > 60 °С	t < 60 °С	t > 60 °С	t < 60 °С	t > 60 °С
Газосборник + запорный орган	7 + 2	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	(+)	-	-
Разделительный сосуд $\gamma_p > \gamma_n$	8	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
Разделительный сосуд $\gamma_p < \gamma_n$	8	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
Мембранный разделитель за- крытый	8б	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Мембранный разделитель от- крытый	8а	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Соединительный рукав к мем- бранному разде- лителю		+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
Отбор сверху трубопровода	1	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Отбор сбоку с наклоном в сто- рону	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Максимальная высота установки прибора над ОУ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{P_{и\ min}}{\gamma}$	-	-
Показание прибора без разделительного сосуда P_M		$P_{и}$	$P_{и}$	$P_{и}$	$P_{и}$	$P_{и}$	$P_{и}$	$P_{и} + \gamma H$	$P_{и} - \gamma H$		$P_{и}$	$P_{и}$
Показание прибора с разделительным сосудом P_M		$P_{и} + H_p \gamma_p$				-	-	$P_{и} + (\gamma_{и} H_{и} + \gamma_p H_p)$	$P_{и} + (\gamma_{и} H_{и} - \gamma_p H_p)$		-	-
При пульсации увеличение сепарационного участка (п. 5) Δl		-	-	-	-	-	$\frac{\Delta P_{и} \cdot l_c}{P_{и}}$	-	-	-	-	-
Вспомогательные жидкость/газ в измерительной линии – поправка ΔP	Экспериментально											

Примечания:

1. Таблицу 15.Т6 следует рассматривать совместно со схемами 15.Сх2 и 15.Сх3.
2. $P_{и}$ – давление среды в месте отбора, МПа;
 P_M – показание измерительного прибора, МПа;
 $H_{таx}$ – максимальная высота прибора над местом отбора, м;
 $H_{и}$ – разница высот между местом установки отбора и уровнем разделительной жидкости;
 H_p – разница высот между уровнем разделительной жидкости и прибором;
 $\gamma_{и}$ – удельный вес измерительной среды, Н/м³ (г/см³);
 γ_p – удельный вес разделительной жидкости, Н/м³ (г/см³).

Таблица 15.Т7

**Перечень типовых строительных заданий, монтажных чертежей,
закладных конструкций систем автоматизации,
действующих в Ассоциации «Монтажавтоматика»**

А. Приборы температуры

СТМ4-1-95 ч. 1. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования температуры. Часть 1. Установка на оборудовании и коммуникациях.

СЗК4-1-95 ч. 1. Закладные конструкции. Приборы для измерения и регулирования температуры. Часть 1. Установка закладных конструкций на оборудовании и коммуникациях.

СТМ4-1-93 ч. 3. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования температуры. Часть 2. Установка на пластмассовых трубопроводах.

СЗК4-1-93 ч. 3. Закладные конструкции. Приборы для измерения и регулирования температуры. Часть 2. Установка на пластмассовых трубопроводах.

СТМ4-5-89 ч. 1. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования температуры. Установка на стене и полу. Часть 1. (Переиздание 1992 г. с изм. 1).

СТМ4-5-92 ч. 2. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования температуры. Установка на стене и полу. Часть 2.

Б. Приборы давления

СЗК4-2-93 ч. 2. Закладные конструкции. Приборы для измерения и регулирования давления. Часть 2. Узел укрепления отверстия в технологическом трубопроводе.

СТМ14-2-01. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования давления, разрежения. Установка на оборудовании и строительных основаниях.

СЗК14-2-01. Закладные конструкции. Приборы для измерения и регулирования давления, разрежения. Установка закладных конструкций.

СТМ4-7-94 ч. 1. Монтажные чертежи. Приборы измерительные и преобразователи давления и перепада давления. Одиночная установка на полу или стене. Часть 1. Приборы давления.

СТМ4-7-96 ч. 2. Монтажные чертежи. Приборы измерительные и преобразователи давления и перепада давления. Установка на полу или стене. Часть 2. Приборы перепада давления.

СТК14-7-01. Типовые конструкции. Приборы для измерения и регулирования давления. Узлы и детали.

В. Приборы расхода

СЗК4-3-90 ч. 1. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования расхода. Установка на трубопроводе. Часть 1. Счетчики.

СЗК4-3-90 ч. 2. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования расхода. Установка на трубопроводе. Часть 2. Ротаметры.

СЗК4-3-90 ч. 3. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования расхода. Установка на трубопроводе. Часть 3. Щелевые и электромагнитные расходомеры.

СЗК4-3-90 ч. 4. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования расхода. Установка на трубопроводе. Часть 4. Шариковые расходомеры, реле потока.

СЗК4-7-92 ч. 1. Закладные конструкции. Сужающие устройства. Установка на трубопроводе. Часть 1. Диафрагмы ДКС, ДФС.

СЗК4-7-92 ч. 2. Закладные конструкции. Сужающие устройства. Установка на трубопроводе. Часть 2. Диафрагмы ДВС, ДБС.

Г. Приборы уровня

СТМ4-4-89. Монтажные чертежи. Приборы для измерения и регулирования уровня. Установка на резервуарах.

СЗК4-4-90 ч. 1. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования уровня. Установка закладных конструкций на резервуарах. Узлы и детали. Часть 1.

СЗК4-4-90 ч. 2. Строительные задания. Приборы для измерения и регулирования уровня. Установка закладных конструкций на резервуарах. Узлы и детали. Часть 2.

СЗК4-4-92 ч. 3. Закладные конструкции. Приборы для измерения и регулирования уровня. Установка на резервуаре. Часть 3. Пьезометрические устройства.

Д. Приборы состава веществ

СТМ4-6-91 ч. 1. Монтажные чертежи. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на полу, стене и технологическом оборудовании. Часть 1. Газоанализаторы.

СТМ4-6-91 ч. 2. Монтажные чертежи. Приборы для измерения состава вещества. Установка на полу, стене и технологическом оборудовании. Часть 2. Анализаторы жидкости.

СТМ4-6-91 ч. 3. Монтажные чертежи. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на полу, стене и технологическом оборудовании. Часть 3. Солемеры.

СТК4-6-91. Типовые конструкции. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на полу и технологическом оборудовании. Узлы и детали для обвязки и установки приборов на полу и стене.

СЗК4-6-91 ч. 1. Строительное задание. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на оборудовании и коммуникациях. Часть 1. Газоанализаторы.

СЗК4-6-91 ч. 2. Строительное задание. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на оборудовании и коммуникациях. Часть 2. Анализаторы жидкости.

СЗК4-6-91 ч. 3. Строительное задание. Приборы для измерения состава и качества вещества. Установка на оборудовании и коммуникациях. Часть 3. Солемеры.

Е. Исполнительные механизмы

СТМ4-8-90. Монтажные чертежи. Механизмы исполнительные электрические. Установка на полу и стене.

СТМ4-8-92 ч. 2. Монтажные чертежи. Механизмы исполнительные электрические. Часть 2. Сочленения с регулирующими клапанами и заслонками.

СТМ4-8-93 ч. 3. Монтажные чертежи. Механизмы исполнительные электрические. Часть 3. Сочленения с направляющими аппаратами дымососов и вентиляторов.

СТК4-8-90 ч. 1. Типовые чертежи. Узлы и детали для установки и сочленения исполнительных механизмов. Часть 1.

СЗК4-8-91 ч. 1. Закладные конструкции. Регулирующие органы. Установка на технологических трубопроводах. Узлы и детали. Часть 1. Клапаны регулирующие.

СЗК4-8-91 ч. 2. Закладные конструкции. Регулирующие органы. Установка на технологических трубопроводах. Узлы и детали. Часть 2. Клапаны, регулирующие с пневмоприводом.

Примечание.

Представленный перечень может изменяться и дополняться по мере комплектования АООТ «Монтажавтоматика» перечня НТД, действующего в Ассоциации «Монтажавтоматика».

ГЛАВА 16. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ

	Лист
16.1. Общие соображения	16–1
16.2. Выполнение схемы	16–2
16.2.1. Графический метод выполнения схемы	16–4
16.2.2. Адресный метод выполнения схемы	16–4
16.2.3. Технические требования	16–5
16.2.4. Спецификация к схеме	16–5
16.3. Общие требования к проводкам	16–5
16.4. Виды электропроводок	16–6
16.4.1. Способ монтажа электропроводок	16–7
16.4.2. Требования и рекомендации по применению электропроводок	16–10
16.5. Виды трубных проводок	16–19
16.5.1. Способы прокладки и требования к трубным проводкам	16–20
16.6. Изделия для прокладки кабелей и труб	16–22
16.7. Проходы проводок через ограждения	16–26
16.8. Ввод электрической проводки	16–27
16.9. Ввод трубной проводки	16–29
16.10. Заземление проводок	16–30
16.10.1. Защитное заземление АСУТП	16–30
16.10.2. Элементы защитного заземления	16–32
16.10.3. Виды защитного заземления АСУТП	16–32
16.10.4. Защитное заземление технических средств АСУТП	16–34
16.10.5. Защитное заземление оборудования информационных технологий	16–34
16.10.6. Рабочее заземление (нуль-система) технических средств АСУТП	16–35
16.11. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	16–37
16.12. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	16–39

Перечень рисунков

16.Р1. Рисунки вводов электрических проводок	16–41
16.Р2. Рисунки вводов трубных проводок	16–43
16.Р3. Основные размеры кабельных вводов М, PG и NPT	16–46
16.Р4. Питание и заземление СА и СВТ	16–47

Перечень схем

16.Сх1. Пример выполнения схемы расположения графическим методом	16–50
16.Сх2. Пример выполнения схемы расположения адресным методом	16–52
16.Сх3. Буквенно-графические изображения проводок на схемах расположения по ГОСТ 21.408-93	16–53
16.Сх4. Номограмма определения внутреннего диаметра защитной трубы для прокладки проводников одного диаметра	16–54
16.Сх5. Номограмма определения внутреннего диаметра защитной трубы для прокладки проводников двух различных диаметров при общем числе их более двух	16–56
16.Сх6. Номограмма определения площади поперечного сечения короба для прокладки проводников	16–58
16.Сх7. Виды вводов электрических проводок	16–60
16.Сх8. Виды вводов трубных проводок	16–61

Перечень таблиц

16.Т1. Выбор электропроводки по ГОСТ Р 50571.15-97	16-62
16.Т2. Примеры монтажа	16-63
16.Т3. Рекомендуемый вид прокладки электропроводок	16-67
16.Т4. Наименьшее расстояние от проводов автоматизации до трубопроводов и строительной конструкции	16-68
16.Т5. Наименьшее расстояние для кабельных сооружений	16-69
16.Т6. Наименьшие расстояния между внутренними проводками и объектами сближения (для справок)	16-70
16.Т7. Наименьшее расстояние между наружными проводами и объектами сближения	16-72
16.Т8. Условные графические обозначения на схемах расположения оборудования и проводок АСУТП по ГОСТ 21.408-93 и ГОСТ 21.614-88.	16-75
16.Т9. Трубы стальные водогазопроводные, применяемые в качестве защитных труб для электропроводок по ГОСТ 3262-75	16-79
16.Т10. Трубы стальные электросварные прямошовные, применяемые в качестве защитных труб для электропроводок по ГОСТ 10704-91	16-80
16.Т11. Трубы напорные из полиэтилена, применяемые в качестве защитных труб для электропроводок по ГОСТ 18599-83	16-81
16.Т12. Основные изделия, применяемые для монтажа труб	16-83
16.Т13. Категория сложности протяжки проводки через защитную трубу	16-85
16.Т14. Формулы расчета диаметра защитного трубопровода	16-85
16.Т15. Таблица типовых монтажных чертежей ассоциации «Монтажавтоматика» проходов трубных и электрических проводок через ограждающие строительные конструкции	16-86
16.Т16. Перечень типовых монтажных чертежей АОТ «Монтажавтоматика» проходов трубных и электрических проводок через ограждающие строительные конструкции	16-87
16.Т17. Наименьшие размеры защитных (заземляющих) проводников	16-89
16.Т18. Основные виды защитного заземления средств и элементов автоматизации и АСУТП	16-90

16.1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

ГОСТ 2.701-84 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» поясняет термин «Схема расположения» (п. 14 приложение 1).

«Схема расположения» – схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п.

Схемами расположения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок)».

«Комплекс стандартов на автоматизированные системы» в таблице 2 ГОСТ 34.201-89 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем» определяет требования к документу С8 «План расположения» на стадии «технический проект» и документу С7 «план расположения оборудования и проводок» на стадии «рабочая документация».

Методические указания РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов» излагают в разделе 4.4 «требования к содержанию «плана расположения оборудования и проводок» (документ С7).

ГОСТ 21.408-93 «СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» (раздел 4.6) приводит требования к чертежам расположения оборудования и внешних проводок систем автоматизации.

Схема расположения С7 является одной из основных схем, на основании которых производятся строительно-монтажные работы на объекте управления. Схема С7 создается на базе откорректированных и утвержденных документов предыдущей стадии проектирования:

- схема структуры КТС (С1);
- схема автоматизации (С3);
- чертеж расположения помещений и оборудования АСУТП (С8);
- спецификация оборудования и материалов (В 4.1).

Создание схемы расположения С7 пояснено на блок-схеме 6.Сх1, листы 8 и 9 «разработка рабочей документации».

Вместе с тем отмеченные выше схемы утверждаемой части рабочего проекта (или «проекта») являются результатом комплексной итеративной разработки и анализа схем:

- функциональной структуры С2.1, С2.2, С2.3, С2;
- организационной структуры СО.1, СО.2, СО.3, СО;
- структуры КТС С1.1, С1.2, С1.3, С1;
- расположения КТС С8.1, С8.2, С8.3, С8.

Разработка этих схем рассмотрена на схеме 6.Сх1, листы 1–4 с соответствующими комментариями к схеме на листах 6–5÷6–9.

Без представления о расположении мест сбора и приема информации, организации работы системы управления по выполнению определенных функций невозможно разработать перечисленные схемы для создания АСУТП.

16.2. ВЫПОЛНЕНИЕ СХЕМЫ

Схема расположения оборудования и проводок в общем отображает следующее:

— поэтажные контуры производственных помещений и сооружений с расположением технологического оборудования и коммуникаций и с наименованием помещений;

— классы и размеры взрыво- и пожароопасных зон по ПУЭ в помещениях, сооружениях и наружных установках;

— вводы в помещение технологических коммуникаций с указанием транспортируемого продукта и места его потребления;

— высотные отметки полов и площадок в помещениях и сооружениях, на которых устанавливаются технические средства АСУТП и прокладываются внешние проводки;

— технические средства АСУТП (приборы, щиты, пульта, коробки, установки и комплексы);

— одиночные электрические и трубные проводки и их потоки, опорные и несущие конструкции для их прокладки;

— проходы проводок через стены и перекрытия и способы их заделки;

— методы крепления проводок к строительным конструкциям и способы прохода проводок через стены и перекрытия.

На схеме расположения допускается не указывать:

— местные приборы (манометры, термометры и т. д.), которые не имеют внешних подключений;

— устройства защитного заземления и зануления средств АСУТП;

— трубы обвязки отборных устройств;

— сосуды разделительные, уравнивательные, компенсационные, газосборники и влагосборники;

— запорную и продувочную арматуру;

— соединительную арматуру (соединители, муфты, фланцы, отводы и т. п.).

На схеме координируют место расположения технического средства, для которого не требуется установка специальной закладной конструкции и которое крепится к строительным конструкциям непосредственно при монтаже технического средства.

Расположение технических средств и проводок в помещениях контроля и управления (операторские, диспетчерские), в помещениях датчиков следует изображать на отдельных листах или чертежах, что удобно при производстве строительных и монтажных работ.

Схема расположения, как правило, выполняется на основе архитектурно-строительных чертежей объекта управления, чертежей монтажно-технологических с размещением технологического оборудования и технологических трубопроводов с отборными устройствами, закладными конструкциями, устройствами для монтажа оборудования, средств АСУТП и проводок (каналы, проемы, эстакады и т. п.).

Естественно, масштаб схемы соответствует масштабу использованных чертежей. Возможно увеличение или уменьшение масштаба для некоторых сложных узлов и участков по требованиям ГОСТ 2.302-68*.

Допустимо не показывать некоторое технологическое оборудование, трубопроводы и коммуникации. Вместе с тем обязательно показывается технологическое обо-

рудование, трубопроводы, коммуникации (в том числе на вводе продукта на объект управления) в следующих случаях:

- при размещении **на них** технических средств АСУТП;
- при расположении **около них** технических средств (пультов, щитов, постов) для оперативного контроля и управления;
- при необходимости оптимального размещения **вблизи него** (технологического оборудования и др.) технических средств и потоков внешних проводок АСУТП с целью исключения возможного механического повреждения и удобства обслуживания средств АСУТП.

Если в проекте АСУТП имеется несколько аналогичных технологических участков, узлов и т. п. с аналогичными параметрами контроля и управления, то схему расположения выполняют для одного участка, узла, с соответствующими пояснениями в технических требованиях.

Если схемы однотипных участков, узлов и т. п. отличаются друг от друга лишь внешними проводками к помещениям управления, то выполняется схема для одного участка, узла, а для других однотипных участков, узлов выполняются только проводки к помещениям управления.

Схема расположения оборудования и проводок должна быть согласована с заказчиком или/и со специалистами организаций, разрабатывающими строительную, технологическую, электротехническую и другие части проекта.

Схема расположения проводок может выполняться графическим и адресным методом. При любом методе выполнения схемы расположения все отмеченное выше должно быть отражено на схеме.

Различие заключается в выполнении внешних электрических и трубных проводок.

В таблице 16.Т8 приведены основные графические обозначения на схемах расположения оборудования и проводок АСУТП по ГОСТ 21.408-93 и ГОСТ 21.614-88.

Около условного графического обозначения приборов и средств автоматизации указывают позицию по спецификации оборудования, а для элемента, который не имеет самостоятельного обозначения позиции (отборное устройство, термобаллон и т. п.), указывают, к какому техническому средству относится данный элемент.

Шкаф, щит, пульт изображают прямоугольником, размеры которого соответствуют масштабу разрабатываемого листа схемы расположения.

Несущие конструкции проводок (короб, лоток, мост, трубный блок и т. п.) выполняются в соответствующем чертежу масштабе. Поток проводок желательно затушевать.

Около графического изображения шкафа, щита, пульта, комплекса, коробки над полкой линии – выноски приводят его наименование или обозначение по схемам внешних соединений и подключения, под полкой – обозначение установочного чертежа, шкафа, щита, пульта и т. д.

Фасадная сторона или сторона обслуживания внешнетового прибора, щита, исполнительного механизма изображается утолщенной линией.

Все отмеченные технические средства АСУТП должны иметь координаты, привязанные к разбивочным осям или к конструкциям и к высотным отметкам помещений и сооружений.

16.2.1. Графический метод выполнения схемы

При графическом методе выполнения схемы расположения номера кабелей, проводов и труб проводок проставляются шрифтом размером 2,5 мм либо в прямоугольнике, расположенном под полкой линии-выноски, либо в скобках на полке линии-выноски.

Разрешается перечень номеров в проводке выносить на свободное поле чертежа или на другой лист чертежа.

Прямоугольник для записи одного номера линии связи на чертеже должен быть одного размера, рекомендуется 5×10 мм (ширина может быть в случае необходимости увеличена).

Номера кабелей, труб соответствуют схеме/таблице соединений внешних проводок.

Нумерация электрических и трубных проводок указывается:

- в начальной точке потока проводок (у полевых средств автоматизации);
- в конечной точке потока проводок (у щитов, пультов, комплексов, соединительных и протяжных коробок и т. п.);
- около ответвления проводки от основного потока при изменении количества кабелей, проводов, труб в потоке;
- при переходе в смежное помещение или на другой этаж.

Если схема расположения выполняется на нескольких листах, то потоки, которые переходят с одного листа на другой, а также потоки, изображаемые с разрывом на одном листе, должны иметь в месте обрыва перечень номеров линий.

Под перечнем номеров указывается номер листа (чертежа), на котором изображается продолжение потока проводки.

Изменение отметки прокладки потока отмечается до и после графического обозначения подъема/спуска проводки на сносках от изображения потока.

Способ прокладки потока, уклон потока, способ прохода через стены и перекрытия показывают на соответствующей полке линии-выноски.

Конструкциям узлов крепления проводок и несущим конструкциям для прокладки проводок присваивается позиция по спецификации к схеме расположения и указывается на полке линии-выноски более крупным шрифтом, чем номера линий связи.

16.2.2. Адресный метод выполнения схемы

При адресном методе выполнения схемы расположения проводки изображаются следующим образом.

На схеме указываются несущие конструкции проводок, которые разбиваются на условные участки с присвоением им порядковых номеров. Порядковые номера участков проводок проставляются на линиях-выносках в окружностях.

На границе изменения участка указывают количество кабелей, проводов и труб, проложенных на конструкциях данного участка. Номера кабелей, проводов, труб определяются по таблице соединений внешних проводок, в которой в графе «направление по чертежам расположения» указываются номера участков проводок.

16.2.3. Технические требования

Технические требования в общем случае должны содержать:

- ссылки на строительные, технологические и другие чертежи, в которых размещены элементы автоматизации, закладные конструкции, тоннели, каналы, проемы и т. п., с указанием обозначений этих чертежей и организации-разработчика;
- указания о совместной прокладке электрических проводок;
- ссылки на схемы соединений внешних проводок, на основании которых выполняется схема расположения;
- ссылки на строительные нормы и правила, на основании которых необходимо вести монтаж систем автоматизации;
- методы уплотнения проходов (при необходимости).

16.2.4. Спецификация к схеме

В спецификацию к схеме расположения включают:

- несущие и опорные конструкции;
- трубные блоки;
- конструкции проходов проводок через стены и перекрытия зданий и сооружений;
- конструкции узлов установки и крепления для прокладки проводок;
- монтажные изделия и материалы.

Графу спецификации «масса» не заполняют.

16.3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВОДКАМ

При выполнении схем расположения следует соблюдать требования к прокладке трубных и электрических проводок.

Проводки следует прокладывать с соблюдением, в частности, требований ПУЭ, п.п. 2.1.31–2.1.50 и ВСН 205-84, п. 4.8.

Перечислим общие требования к расположению проводок.

Проводки к средствам автоматизации и АСУТП следует прокладывать:

- по кратчайшему расстоянию между СА;
- параллельно или перпендикулярно стенам, перекрытиям, колоннам, зданиям и дорогам;
- с минимальным числом поворотов;
- с минимальным числом пересечений с технологическими и электротехническими коммуникациями;
- с минимальным количеством разъемных соединений труб, кабелей и проводков;
- по возможности на безопасном для персонала расстоянии от технологического оборудования, которое часто разбирается;
- на значительном расстоянии от мест нагрева;
- в местах, защищенных от механических и химических повреждений (в том числе вибрации и коррозии);

- в местах, удобных для монтажа проводок, их обслуживания и ремонта;
- в местах, которые не затрудняют обслуживание и ремонт технологического и электротехнического оборудования.

16.4. ВИДЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Электропроводки СА и АСУТП – совокупность проводов и кабелей, конструкции и детали их крепления, поддерживания и механической защиты.

ПУЭ (глава 2.1) – 6-е издание разделяют все электропроводки на виды:

- открытая;
- скрытая;
- внутренняя;
- наружная.

Открытая электропроводка – электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, ферм и других строительных элементов зданий и сооружений и выполненной: непосредственно в трубах, лотках, коробах, на тресе, ролике, изоляторе и т. п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

Скрытая электропроводка – электропроводка, проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений: в стенах, полах, перекрытиях, фундаментах и выполненной: в трубах, гибких рукавах, коробах, каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой и др.

Внутренняя электропроводка – электропроводка, проложенная внутри зданий, помещений и сооружений и выполненная либо открыто, либо скрыто.

Наружная электропроводка – электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и прочее и выполненная: непосредственно в трубах, коробах, лотках и др. Наружная электропроводка может быть открытой или скрытой.

Термины, применяемые при определении видов электропроводки, поясняются в основном в п.п. 2.1.7–2.1.11, 2.3.3 ПУЭ:

- **Сооружение кабельное** – сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей и проводов, кабельных муфт и соединительных коробок и ящиков, другого оборудования, обеспечивающего нормальную работу электропроводок.

К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, коробка, блоки, шахты, этажи, двойные полы, эстакады, галереи, камеры.

- **Туннель кабельный** – закрытое сооружение (коридор), предназначенное для размещения в нем опорных конструкций для кабелей и проводов, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабеля, его осмотр и ремонт.

- **Шахта кабельная** – вертикальное кабельное сооружение (чаще всего – прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше стороны сечения, снабженное лестницей или скобами для передвижения по вертикали людей или съемной полностью или частично стенкой (так называемая непроходная шахта).

- **Камера кабельная** – подземное (редко – наземное) кабельное сооружение, закрываемое съемной бетонной плитой, предназначенное для протяжки кабелей и проводов и установки соединительных коробок и кабельных муфт.
- **Колодец кабельный** – то же, что камера кабельная, но имеющая люк для входа в нее.
- **Блок кабельный** – кабельное сооружение с каналами или трубами для прокладки в них кабелей и проводов с относящимися к нему колодцами (камерами).
- **Галерея кабельная** – наземное или надземное кабельное сооружение, закрытое полностью или частично (без боковых стен), горизонтальное или наклонное, протяженное проходное кабельное сооружение.
- **Эстакада кабельная** – то же, что галерея, но полностью открытая, проходная или непроходная.
- **Этаж кабельный** – часть здания, ограниченная полом и перекрытием, с расстоянием между полом и перекрытием (покрытием) не менее 1,8 м, предназначенное для размещения в нем кабельных конструкций и электропроводок.
- **Пол двойной** – полость, ограниченная стенами помещения со съемными полностью или частично плитами.
- **Канал кабельный** – закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т. п. непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей и проводов, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.
- **Короб** – закрытая (глухая) или закрываемая крышками полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для прокладки и защиты от механических повреждений проводов и кабелей.
- **Лоток** – открытая конструкция, предназначенная лишь для прокладки на ней проводов и кабелей и служащая для них механической защитой: лоток может быть сплошным, перфорированным или решетчатым.
- **Рукав гибкий** – защитный элемент электропроводки в виде металлического или пластмассового гибкого шланга, предназначенного для защиты проводов и кабелей при передвижных, переносных, поворотных узлах электропроводки.
- **Струна** – несущий элемент электропроводки в виде стальной проволоки, натянутой вплотную к поверхности стены, потолка и т. п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.
- **Трос** – несущий элемент электропроводки в виде стальной проволоки или каната, натянутый в воздухе, предназначенный для подвески к нему проводов, кабелей или их пучков.
- **Труба защитная** – защитный и несущий элемент электропроводки в виде металлической, пластмассовой трубы, предназначенной для прокладки и защиты от механических повреждений проводов, кабелей или их пучков.

16.4.1. Способ монтажа электропроводок

Электропроводка и способ ее монтажа зависят от (п. 2.7 ГОСТ Р 50571.1-93):
– характера помещений и наружных пространств по условиям электробезопасности и пожаровзрывобезопасности;

- материала стен, элементов строительных конструкций и сооружений, на которых монтируются электропроводки;
- доступности электропроводки для людей и животных;
- напряжения (до 1000 В, до 400 В, ниже 42 В и др.);
- электромеханических нагрузок вследствие токов короткого замыкания;
- прочих нагрузок на электропроводки при ее монтаже или эксплуатации.

При выборе вида электропроводки следует проанализировать три зависимых условия:

- 1) тип используемого провода или кабеля;
- 2) место прокладки электропроводки;
- 3) способ монтажа электропроводки.

Выбор электропроводки определен разделом «521. Виды электропроводок» ГОСТ Р 50571.15-97.

В таблице 16.Т1 данной главы «Выбор электропроводки по ГОСТ 50571.15-97» объединены таблицы 52F, 52G, 52H ГОСТа.

Вертикальные графы таблицы определяют вид провода или кабеля (неизолированный провод; провод изолированный; провод, изолированный в защитной оболочке; кабель; кабель в оболочке; кабель бронированный).

Горизонтальные строки определяют место прокладки провода или кабеля (№ п/п 0–8, стена или кладка; открыто; пустота; двойной пол; короб; кабельный канал; непосредственно в стене или кладке; земля; вода; карниз; плинтус, дверная коробка или оконная рама).

На пересечении соответствующих граф и строк в прямоугольнике указан рекомендуемый способ монтажа провода или кабеля, а в правой части таблицы приведены справочные номера примеров монтажа проводов или кабелей по таблице 16.Т2; последняя таблица повторяет таблицу 52H ГОСТа.

Пользователь таблицы, к примеру, выбрал кабель в оболочке и далее по планам и разрезам строительных чертежей определил направление прокладки электропроводки. По трассе электропроводки могут встретиться различные места прокладок – двойной пол, кладка, вертикальный кабельный канал, земля, стена, короб и т. д. и т. п.

В конкретном проекте АСУТП в этих местах, на предполагаемом участке прокладки необходимого кабеля предполагается проложить ряд других кабелей и проводов. Задача на этом этапе – совместить прокладку нового кабеля рядом с ранее проектируемыми проводами и кабелями и спроектировать общую кабельную электропроводку.

Соответственно месту прокладки выбранного кабеля в оболочке определяется способ монтажа, и по справочному номеру анализируются примеры монтажа и окончательно выбирается способ монтажа. Таким образом, в двойном полу кабель в оболочке прокладывается по примеру 25, в кладке по примеру 5А, 51, 52, 53. По трассе электропроводки выбирается длина и количество кабельных конструкций и элементов крепления.

На чертеже расположения кабельных проводок указывается способ монтажа, в экспликации проводятся данные по примененным кабельным конструкциям.

Способ монтажа электропроводок определяется в следующей последовательности.

1. По требованиям средств автоматизации СА и средств вычислительной техники СВТ (паспорт, ТУ и т. п. технические данные) выбираются приемлемые типы провода или кабеля.

2. По взаиморасположению источника и приемника информации СА и СВТ устанавливается трасса и длина электропроводки и уточняется тип провода/кабеля.

3. По трассе проверяются все участки с различными условиями окружающей среды.

4. Для каждого участка трассы намечается место и условия прокладки электропроводки.

5. По всем участкам трассы объединяют провода и кабели общего направления для создания совмещенных электропроводок; при этом обязательно соблюдаются условия совместной прокладки цепей различного назначения (раздел 16.4.2).

6. Проверяются места пересечения и взаимное расположение намечаемой трассы электропроводки с другими электропроводками и трубопроводами воды, пара, воздуха и т. п. на объекте управления.

7. С учетом проведенного анализа по п.п. 1 ÷ 6 окончательно определяется тип провода или кабеля. В отдельных случаях возможно использование на участках проводов и кабелей различного типа с установкой соединительных коробок.

8. Каждый участок трассы с совмещенными или отдельными электропроводками рассматривается с целью определения способа прокладки электропроводки на этом участке и соединения его со смежными участками в единую систему электропроводки.

Приведенная последовательность подтверждает, что электропроводка является системой проводов и кабелей, определенным образом соединенных элементами крепления и защиты от механических воздействий.

Электропроводки систем автоматизации и АСУТП представляют собой определенную опасность в отношении пожара. Короткие замыкания, сопровождающиеся появлением открытой дуги, или недопустимый перегрев проводов и кабелей, в результате которого возможно воспламенение их изоляции и оболочек, могут привести к загоранию конструктивных элементов зданий и сооружений. Поэтому при выборе вида электропроводки и способов прокладки должны учитываться не только условия окружающей среды, но и степень огнестойкости зданий, сооружений и отдельных конструкций, по которым прокладываются электропроводки.

СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» содержит противопожарные требования, определенным образом отличающиеся от действующих положений СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы». Положения СНиП 2.01.02-85* еще продолжают действовать для ранее введенных в действие зданий, сооружений, инженерных систем, конструкций и материалов, что необходимо учитывать при выполнении проектов реконструкции действующих технологических объектов.

Требования по классификации зданий, сооружений и помещений приведены в разделе 7.3.4 «Пособия». Здесь мы напомним, что степень огнестойкости зданий, сооружений и конструкций определяется пределом огнестойкости несущих стен и строительных конструкций здания и разделяется на 5 степеней (I, II, III, IV, V), конструктивная пожарная опасность имеет 4 класса (С0, С1, С2, С3).

Степень огнестойкости здания и класс конструктивной пожарной опасности здания определяется на основании таблиц 4 и 5 схемы 7.Сх3.

Степень огнестойкости зданий и прочее устанавливается проектировщиком строительной части проекта или районным архитектором – для действующего предприятия.

Электропроводки АСУТП следует, как правило, выполнять открытыми по поверхности стен, перекрытиям, колоннам, фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений. Скрытые электропроводки, прокладываемые внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, допустимы только в случаях, когда это диктуется требованиями архитектурного оформления помещения, а также в подливках полов и в фундаментах, при подходе к оборудованию.

Электропроводки системы должны выполняться кабелями и изолированными проводами, как правило, следующих видов, которые рекомендуются таблицей 16.Т3, составленной на основании требований ПУЭ и ВСН 205-84.

В таблице приведены рекомендации к прокладке электропроводок в общепромышленных технологических установках (объектах), во взрывоопасных и пожароопасных зонах.

Классификация взрывоопасных зон по ПУЭ, ГОСТ Р 51330.9-99 и ГОСТ Р 51330.22-99 приведена в таблице 8.Т10 и разделе 8.4 главы 8 «Пособия».

Ниже приводим классификацию пожароопасных зон по ПУЭ (6-е издание).

«...п. 7.4.2. Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

п. 7.4.3. Зоны класса П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.

п. 7.4.4. Зоны класса П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха.

п. 7.4.5. Зоны класса П-IIIа – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

п. 7.4.6. Зоны класса П-IIIб – расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества».

Рекомендации, приведенные в таблице, по прокладке электропроводок соответствуют видам прокладок по ВСН 205-84, которые подтверждены рекомендациями ПУЭ. В то же время, как отмечено в примечании 2 к таблице 16.Т3, ПУЭ допускает применение более широкого перечня видов прокладок и кабелей по сравнению с ВСН.

16.4.2. Требования и рекомендации по применению электропроводок

Цепи измерения, управления, блокировки, сигнализации и питания, которые имеют напряжение до 380 В переменного тока и 440 В постоянного тока (в том числе цепи схем электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов движков) по п. 4.27 ВСН 205-84 можно объединять:

- в одной защитной трубе;
- в одном канале короба;

- в одном кабеле;
- в одном пучке проводов, проложенном на лотке.

Исключение составляют:

- измерительные цепи средств автоматизации, в которых помехи других цепей превосходят допустимые величины;
- взаиморезервируемые цепи;
- цепи систем пожарной автоматики (автоматической пожарной сигнализации, пожаротушения, противодымной защиты, противопожарного водопровода и др.);
- цепи питания электроприемников особой группы I категории;
- цепи питания электрифицированного инструмента и освещения щитов напряжением до 42 В, применение которого предписано требованиями техники безопасности.

Сложным и неоднозначным решением является совмещение проводов средств автоматизации с прокладками силовых и высоковольтных электрических цепей, линий технологических и других трубных коммуникаций, линий связи и кабельных линий различного профиля. При этом необходимо учитывать расстояния до строительных конструкций (стен, опорных конструкций, перекрытий, потолка, пола, площадок обслуживания), до земли, древесных и кустарниковых насаждений, до оси железной дороги или трамвая, до края автодороги, до опор высоковольтных линий электропередачи и заземлителей и т. п.

Объекты сближения, которые перечислены выше, разнообразны и требуют соответствующих расстояний приближения к ним и учета необходимых защитных мероприятий (теплоизоляция, экранирование, разделение, защита от химических воздействий или атмосферного влияния, защита от механических воздействий и др.).

Наиболее полно требования к использованию видов электропроводок автоматики и расстояниям до объектов сближения приведены в ВСН 205-84. Наименьшее расстояние от проводов автоматизации до трубопроводов и строительных конструкций приведено в 16.Т4.

Требования к совместной прокладке по пунктам ВСН 205-84:

«4.28. Возможность совместных прокладок в одной трубе, канале, коробе, пучке проводов на лотке или в кабеле измерительных цепей совместно с цепями другого назначения определяется на основании указаний заводов-изготовителей.

Во всех случаях, когда указания отсутствуют, цепи измерения отдельных приборов и средств автоматизации должны прокладываться в отдельных трубах или кабелях. При наличии указаний заводов-изготовителей о необходимости прокладки измерительных цепей специальными проводниками (экранированными, коаксиальными и т. п.) необходимо для прокладки этих цепей применять провода или кабели в соответствии с этими указаниями.

Короба для прокладки измерительных цепей целесообразно использовать в тех случаях, когда имеется поток проводов цепей измерения, идущих в одном направлении, которые допустимо прокладывать совместно.

4.29. Допускается совместная прокладка в одной трубе, коробе, кабеле измерительных цепей от преобразователей термоэлектрических (термопар) или термопреобразователей (термометров) сопротивления к вторичным средствам автоматизации и вычислительной техники. Количество прокладываемых измерительных цепей не ограничивается.

4.30. Электропроводки систем автоматизации в коробах, лотках, защитных трубах (кроме электропроводок противопожарных устройств) допускается прокладывать рядом с аналогично выполненными электропроводками установок электропитания, освещения и силового электрооборудования, включая силовые шинопроводы напряжением до 1000 В. При этом электропроводки систем автоматизации, в частности измерительные цепи, не должны подвергаться недопустимому влиянию (магнитному и электрическому) силовых цепей.

4.31. При совместной прокладке кабелей электропроводок систем автоматизации с силовыми кабелями установок электроснабжения и силового электрооборудования в каналах, тоннелях и открыто на кабельных конструкциях в производственных помещениях и наружных установках должны соблюдаться следующие требования:

- при двустороннем расположении кабельных конструкций (полок) кабели электропроводок систем автоматизации должны размещаться по возможности на противоположной стороне от силовых кабелей;

- при одностороннем расположении кабельных конструкций кабели систем автоматизации должны размещаться только под или над силовыми кабелями, при этом между ними следует устанавливать горизонтальные разделительные перегородки; в местах пересечения и ответвления допускается прокладка кабелей систем электропроводок систем автоматизации под и над силовыми кабелями;

- кабели электропроводок систем автоматизации допускается прокладывать рядом, на одних полках с силовыми кабелями напряжением до 1000 В, если это допустимо по условиям совместной прокладки;

- кабели электропроводок систем автоматизации с взаимно резервируемыми цепями следует прокладывать на разных полках, разделенных перегородками;

- расстояния между кабелями должны выбираться по ПУЭ (в пособии – таблица 16.Т5);

- разделительные перегородки должны быть негорючими с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

4.32. В коллекторах при прокладке кабелей электропроводок систем автоматизации совместно с силовыми кабелями, кабелями связи, водо-, тепло- и воздухопроводами должны соблюдаться следующие требования :

- при двухрядном расположении кабелей и трубопроводов: с одной стороны прохода должны прокладываться сверху кабели связи, под ними – теплопроводы; с другой стороны – сверху силовые кабели, под ними – кабели электропроводок систем автоматизации, снизу – водопроводы;

- при однорядном расположении кабелей и трубопроводов; сверху должны быть расположены силовые кабели, под ними – кабели электропроводок систем автоматизации, под последними – кабели связи, снизу – водо- и теплопроводы.

Совместная прокладка в коллекторах кабелей электропроводок систем автоматизации с газо- и трубопроводами, содержащими легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, не допускается.

4.33. Во всех случаях прокладки кабелей электропроводок систем автоматизации (открыто на кабельных конструкциях, в каналах, тоннелях, коллекторах, в земле совместно с силовыми кабелями установок электроснабжения и силового электрооборудования) электропроводки систем автоматизации, в частности измерительные цепи,

не должны подвергаться влиянию (магнитному и электрическому) силовых цепей в недопустимых пределах.

4.34. В производственных помещениях и наружных установках электропроводки систем автоматизации допускается прокладывать совместно с командными и импульсными проводками (заполненными негорючими средами), выполненными пластмассовыми трубами или пневмокабелями в коробах, на лотках, кабельных конструкциях. При этом должны учитываться следующие требования:

- в коробах пластмассовые трубы или пневмокабели и электрические проводки должны прокладываться в отдельных каналах многоканальных коробов;
- на лотках пластмассовые трубы или пневмокабели должны прокладываться от электрических кабелей или пучков проводов на расстоянии не менее 150 мм;
- на кабельных конструкциях пластмассовые трубы и пневмокабели должны размещаться под электрическими кабелями».

Электропроводки противопожарных устройств запрещается прокладывать совместно с командными и импульсными проводками, выполненными пластмассовыми трубами или пневмокабелями в коробах, на лотках и кабельных конструкциях.

Выполнение совместных прокладок электрических проводок с пластмассовыми трубами и пневмокабелями должно отвечать также требованиям действующих инструкций по проектированию и монтажу трубных проводок систем автоматизации, утвержденных в установленном порядке».

Пункт 5.1.27 ПБ 03-585-03 указывает, что «трубопроводы групп А, Б(а), Б(б) не допускается укладывать в общих каналах с паропроводами, теплопроводами, кабелями силового и слабого тока».

В таблицах 16.Т6 и 16.Т7 даются ссылки на пункты главы 2 ПУЭ и пункты ВСН 205-84 (разделы 4, 6 и 7) и приведены наименьшие расстояния между проводками и объектами сближения.

Открытые кабельные электропроводки на кабельных конструкциях должны удовлетворять требованиям п.п. 4.61, 4.62, 4.64 ВСН 205-84 и п.п. 2.1.55, 2.1.56, 2.1.57, 2.3.134 и таблицы 2.3.1 ПУЭ. Последняя таблица приведена в «Пособии» – 16.Т5.

«4.61. В производственных помещениях и наружных установках кабельные электропроводки систем автоматизации следует во всех случаях, где это допустимо, выполнять открытыми способами на кабельных конструкциях.

4.62. Для прокладки кабелей должны использоваться сборные кабельные конструкции, комплектуемые из серийно изготавливаемых изделий.

4.64. Открытая прокладка кабелей систем автоматизации в производственных помещениях и наружных установках должна отвечать требованиям главы 2 ПУЭ.

Электропроводки в защитных трубах определяются требованиями ВСН 205-84 п.п. 4.53, 4.54, 4.56, 4.57, 4.60.

4.53. Прокладку проводов и кабелей в защитных трубах в производственных помещениях и наружных установках следует применять только в тех случаях, когда не рекомендуются или нецелесообразны (по экономическим и техническим причинам) другие способы прокладки: в коробах, на лотках, открытые кабельные электропроводки и т. п.

4.54. В качестве защитных труб должны применяться пластмассовые и стальные трубы. Область и условия их применения определяются требованиями строительных

норм и правил, технических правил по экономическому расходованию основных строительных материалов.

Стальные трубы для электропроводок систем автоматизации следует применять как исключение в случаях, когда не допускается прокладка проводов и кабелей без защитных труб, а применение пластмассовых — запрещено.

4.56. Высота прокладки электропроводок в защитных трубах от уровня пола, земли или площадки обслуживания не нормируется. При использовании пластмассовых защитных труб в местах, где возможны их повреждения, должна предусматриваться дополнительная механическая защита отрезками металлических труб, уголков и т. п.

4.57. Расстояния от защитных труб электропроводок до других трубопроводов должны обеспечивать нормальные условия монтажа и эксплуатации электропроводок и составлять:

— при пересечении технологических и других трубопроводов — не менее 50 мм, а трубопроводов с легковоспламеняющимися горючими жидкостями и газами — не менее 100 мм;

— при параллельной прокладке с технологическими и другими трубопроводами — не менее 100 мм, а с трубопроводами с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами — не менее 400 мм.

При пересечении горячих трубопроводов или при параллельной с ними прокладке должны приниматься меры по защите электропроводок от влияния высокой температуры (теплоизоляция горячих трубопроводов, установка теплоизоляционных экранов, удаление электропроводок от горячих трубопроводов на такие расстояния, где влияние температуры не сказывается и т. п.).

4.60. Для ввода проводов и кабелей в корпуса электродвигателей, аппаратов и приборов допускается при необходимости (например, в местах, где возможны вибрация, сотрясение и т. п.) применять гибкие металлические рукава в сочетании с защитными трубами. При этом внутренний диаметр рукава должен соответствовать внутреннему диаметру защитной трубы, в которой выполнена электропроводка.

Допускается также использование металлических рукавов в качестве гибких вставок в защитные трубопроводы при наличии сложных поворотов и углов, при переходах труб из одной плоскости в другую и для устройства компенсаторов».

В защитной трубе можно проложить по п. 4.28 ВСН 205–84 несколько различных цепей автоматизации. Цепи автоматизации реализуются в одном кабеле, пучке проводов или в нескольких кабелях, пучках проводов.

Защитную трубу необходимо выбирать с учетом числа кабелей, числа и сечения жил кабеля, типа кабелей.

Сортамент стальных и пластмассовых труб, рекомендуемых к применению в качестве защитных труб, приведен в таблицах 16.Т9, 16.Т10, 16.Т11, основные изделия, применяемые для монтажа труб, — в таблице 16.Т12.

Кроме характеристики кабельной продукции обязательно необходимо учесть расположение и конфигурацию проводки: длину участков между протяжными коробками, число и величину поворотов на участке.

От длины и конфигурации защитного трубопровода между протяжными устройствами зависит категория сложности протяжки (I, II или III по таблице 16.Т13).

В зависимости от категории сложности протяжки и числа проводников одного диаметра прокладываемых в защитной трубе по таблице 16.Т14 находится формула для расчета минимально допустимого диаметра защитной трубы.

С использованием тех же данных по номограмме 16.Сх4 определяется диаметр защитной трубы.

Сравним результаты расчета диаметра защитной трубы с полученным внутренним диаметром трубы по номограмме – 19,2 мм при одних и тех же заданных условиях.

Данные для расчета:

Категория сложности – III;

Диаметр проводника $d = 3,7$ мм;

Число проводников в трубе $n = 12$.

По таблице 16.Т14 находим формулу расчета диаметра защитной трубы:

$$D^2 \geq \frac{nd^2}{0,45};$$

Подставив данные, получим $D \geq \sqrt{\frac{nd^2}{0,45}} = 19$.

Результаты полностью корреспондируются.

При необходимости прокладки в одной защитной трубе нескольких проводников двух различных диаметров внутренний диаметр защитной трубы находится по формуле

$$D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}.$$

При этом D – диаметр внутренний защитной трубы, мм;

D_1 – фиктивный диаметр внутренний для проводников одного диаметра;

D_2 – фиктивный диаметр внутренний для проводников другого диаметра;

D_1 и D_2 определяются предварительно по приведенной формуле или номограмме – 16.Т13, 16.Т14 или 16.Сх4.

Также сравним величины, полученные по номограмме 16.Сх5 и полученные расчетом.

Данные для расчета:

Число проводников диаметром $d_1 = 8,2$ мм – 10;

Число проводников диаметром $d_2 = 5$ мм – 12;

Категория сложности протяжки – II.

$$D_1 = \sqrt{\frac{nd_1^2}{0,4}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 8,2^2}{0,4}} = 41 \text{ мм.}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{nd_2^2}{0,4}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 5^2}{0,4}} = 27,4 \text{ мм.}$$

$$D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2} = \sqrt{1681 + 750} = 49,3 \text{ мм.}$$

Величины по номограмме и по расчетной формуле аналогичны.

Проектировщик АСУТП может использовать любой из методов определения диаметра защитной трубы. Полученный результат позволяет выбрать защитную трубу необходимого диаметра по таблицам 16.Т9–16.Т11 в зависимости от материала трубы.

Электропроводки в коробах и на лотках соответствуют требованиям ВСН 205–84 п.п. 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.40, 4.42, 4.43, 4.44, 4.46, 4.47, 4.48, 4.49.

«4.35. Электропроводки в стальных коробах следует широко применять в производственных помещениях и наружных установках для прокладки больших потоков проводов, когда применение электропроводок в защитных трубах нецелесообразно по технико-экономическим соображениям (высокая стоимость, большой объем монтажных работ и т. п.).

Стальные короба следует также использовать для прокладки кабелей, если последние, исходя из местных условий, недопустимо или нецелесообразно прокладывать открыто на кабельных конструкциях или стальных лотках.

4.36. Небронированные кабели малых сечений (до 16 мм²) следует, как правило, прокладывать не на кабельных конструкциях, а на лотках.

Стальные лотки могут применяться также (когда это необходимо) для прокладки пучков в производственных помещениях (кроме пыльных помещений), в которых отсутствуют газы, вредно действующие на изоляцию проводов, и невозможно их механическое повреждение.

4.37. Для открытых электропроводок систем автоматизации должны применяться стальные короба с открываемыми крышками.

4.38. Короба должны обеспечивать механическую защиту проводов и кабелей.

4.40. В коробах провода и кабели электропроводок систем автоматизации должны прокладываться многослойно с упорядоченным или произвольным (россыпью) взаимным расположением.

Коэффициент заполнения коробов определяется в зависимости от сложности трассы и конкретных типов проводов и кабелей в соответствии с требованиями инструкций по монтажу, утвержденных в установленном порядке. Высота слоев проводов и кабелей в коробе не должна превышать 150 мм.

На лотках провода и кабели должны прокладываться пучками вплотную друг к другу в один слой (кабели также без пучков в один слой). Наружный диаметр пучков проводов и кабелей не должен превышать 100 мм.

Выбор размеров короба и лотков должен производиться с учетом необходимости максимального их заполнения.

Для объединения в пучки и для прокладки в коробах следует по возможности подбирать провода и кабели с однотипными изоляцией и оболочками.

4.42. Высота расположения коробов не нормируется. При установке коробов необходимо по возможности обеспечивать свободный допуск к ним.

Лотки должны устанавливаться на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания. В щитовых помещениях, а также в помещениях, в которые имеет доступ только персонал, обслуживающий системы автоматизации, высота расположения лотков не нормируется.

4.43. Расстояния от коробов и лотков до других трубопроводов должны обеспечивать нормальные условия монтажа и эксплуатации электропроводок с учетом конструкции короба или лотка и составлять:

– при пересечении технологических и других трубопроводов – не менее 50 мм, а трубопроводов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами – не менее 100 мм;

– при параллельной прокладке с технологическими и другими трубопроводами – не менее 100 мм, а с трубопроводами с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами – не менее 400 мм.

Короба и лотки, проложенные параллельно горячим трубопроводам или пересекающие их, должны располагаться вне зоны температурного влияния этих трубопроводов либо защищаться от источников теплоизлучения теплоизоляционными экранами.

4.44. Короба и лотки в месте пересечения осадочных и температурных швов зданий и сооружений должны иметь компенсирующие устройства.

4.46. Соединяемые секции коробов и лотков должны образовывать электрическую непрерывную цепь по всей их длине.

4.47. Короба, лотки, крепежные и поддерживающие металлические конструкции должны иметь антикоррозионные покрытия, стойкие к воздействию химически активных производственных сред или атмосферных осадков.

4.48. Расстояние между местами крепления коробов и лотков определяется их конструктивными особенностями и должно соответствовать требованиям к их установке.

4.49. Выход проводов и кабелей из коробов может осуществляться через отверстия в дне или боковых стенках в стальных трубах, гибких металлорукавах или коробах меньших сечений. В местах ответвлений коробов должны быть обеспечены плотность соединений, надежный металлический контакт (без краски, лака и т. п.) между соединяемыми элементами (и защита изоляции) проводов и кабелей от повреждений (втулки и т. п.)».

Сечение короба для прокладки электрических проводок определяют с учетом:

- диаметров кабельных изделий, подлежащих прокладке в коробе;
- коэффициента заполнения коробов.

Диаметры кабелей и проводов приведены в таблицах 14.Т14–14.Т24.

Естественно, в этих таблицах приведены наиболее часто встречающиеся в практике АСУТП кабельные изделия. При необходимости использования иных изделий диаметр определяют по техническим условиям на кабельное изделие.

Знание диаметров всех прокладываемых кабелей и проводов позволяет определить усредненный диаметр изделий $D_{\text{ср}}$ по формуле:

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_1 n_1 + d_2 n_2 + \dots + d_n n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \text{ мм}$$

где d_1, d_2, \dots, d_n – наружный диаметр изделия, мм;

n_1, n_2, \dots, n_n – количество изделий каждого диаметра.

Коэффициент заполнения короба K – это отношение суммы площадей сечения кабельных изделий, которые прокладываются в коробе, к площади поперечного сечения короба.

Коэффициент K не может быть принят более 0,6.

Коэффициент 0,6 применим для прямых недлинных участков с малым числом ответвлений.

Коэффициент 0,3 (самый малый из применимых) используется для расчета короба в трассе сложной конфигурации с большим числом поворотов и ответвлений, или при прокладке в коробе бронированных кабелей.

Коэффициент 0,45 применим для трасс простой конфигурации.

Сечение короба S в мм² можно определить либо по номограмме 16.Схб, либо по формуле

$$S \geq \frac{nD_{cp}^2}{K}$$

Рассчитав вначале D_{cp} , выбрав коэффициент K , можно определить расчетное сечение короба S .

Знание S (которое также можно определить по номограмме) позволит выбрать, округляя в большую сторону типоразмер короба из широкой гаммы продукции различных фирм, выпускающих и реализующих на рынке Российской Федерации изделия для прокладки кабелей и труб.

Короб металлический должен иметь сплошные дно, стенки и крышки. Вентиляционные отверстия и щели не должны занимать более 15 % общей поверхности короба для обеспечения 85 % экранирующей поверхности.

Ширина лотка выбирается при округлении в большую сторону расчетной ширины лотка B по формуле

$$B = [n_1(d_1 + 5) + n_2(d_2 + 5) + \dots + n_n(d_n + 5)] + 5 \text{ мм,}$$

где d_1, d_2, \dots, d_n — наружный диаметр кабельного изделия, мм;

n_1, n_2, \dots, n_n — количество изделий каждого диаметра.

Электропроводки в каналах, коллекторах, тоннелях, блоках необходимо специально согласовывать с Заказчиком, так как требуют серьезных материальных и финансовых затрат.

Эти проводки должны учитывать требования п.п. 2.3.102–2.3.111, п.п. 2.3.112–2.3.133 и таблицы 2.3.1 ПУЭ и п.п. 4.65–4.71 ВСН 205–84.

Приведем выдержки из п.п. ВСН 205–84.

«4.65. Прокладка кабелей в наружных установках и тоннелях допустима лишь в случае, когда затруднена или невозможна открытая прокладка на кабельных конструкциях потока кабелей (более 20), идущих в одном направлении, и при этом целесообразно прокладывать кабели в земле (траншеях).

Использование каналов в производственных помещениях разрешается только в случаях, когда в этих помещениях невозможно применить открытую прокладку кабелей на кабельных конструкциях.

Как правило, следует стремиться использовать каналы и тоннели, общие с кабелями установок электроснабжения и силового электрооборудования. Сооружение каналов и тоннелей специально для электроустановок систем автоматизации допустимо только в отдельных случаях при наличии технико-экономических обоснований.

4.66. Прокладка кабельных электропроводок систем автоматизации в коллекторах воздухопроводами возможна при совпадении трасс электропроводок систем автоматизации с направлением коллектора, если соблюдены условия прокладки.

4.67. Прокладка кабелей в блоках как наименее экономичная допускается только на отдельных участках трассы: в грунтах, агрессивных по отношению к оболочкам кабелей, в местах, где возможны разливы металла, и местах пересечения кабелями дорог, поездов и т. п., а также при необходимости защиты кабелей от блуждающих токов (защита кабелей от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям строительных норм и правил).

4.68. Для прокладки кабелей должны, как правило, использоваться типовые унифицированные сборные железобетонные конструкции каналов, тоннелей и коллекторов.

4.69. Для изготовления блоков могут использоваться железобетонные панели, асбестоцементные трубы.

4.71. Прокладка кабелей систем автоматизации в каналах, тоннелях, коллекторах и блоках должна отвечать требованиям главы 2 ПУЭ с учетом условий совместной прокладки электропроводок различного назначения (см. п. п. 4.31 и 4.32). Необходимость установки средств обнаружения и тушения пожаров в каналах, тоннелях, коллекторах, кабельных этажах, двойных полах и т. п. должна определяться в соответствии с требованиями п. 2.3.122 ПУЭ».

Электропроводки наружные в земле регламентированы п.п. 2.3.83–2.3.101 ПУЭ и п.п. 4.72, 4.74 ВСН 205-84.

Последние приводим без изменений.

«4.72. При выполнении систем автоматизации следует, как правило, избегать подземной прокладки кабелей. Прокладка кабелей в земле (траншеях) допускается при малом их количестве (не более 4–5) на участках территории предприятия с неагрессивными по отношению к оболочкам кабелей почвами, не загруженными другими подземными коммуникациями, только в случаях, когда затруднена или невозможна открытая прокладка кабелей.

4.74. Прокладка кабельных электропроводок систем автоматизации в земле (траншеях) должна производиться в соответствии с требованиями главы 2 ПУЭ».

16.5. ВИДЫ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

Трубная проводка АСУТП – совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), их соединений и подсоединений, защитных устройств и арматуры.

Трубные проводки подразделяются на виды:

- внутренняя;
- наружная;
- открытая;
- скрытая.

Внутренняя трубная проводка – это проводка, прокладываемая в закрытом помещении.

Наружная проводка – это проводка труб по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, по эстакадам и другим наружным конструкциям и сооружениям.

Открытая трубная проводка прокладывается по стенам, перекрытиям, колоннам и т. п.

Скрытая трубная проводка прокладывается **внутри** стен, полов, перекрытий, в каналах, в блоках, в земле.

16.5.1. Способы прокладки и требования к трубным проводкам

Схемы расположения трубных проводок следует проектировать с соблюдением требований РМ 4-6-92, часть 2.

Требования к прокладке металлических (стальных, медных) труб, труб из пластмассы, полиэтилена и пневмокабелей различны.

Металлические трубы прокладываются с учетом п.п. 4.2.4, 4.2.5, 4.2.8, 4.2.6 и 4.2.7, пластмассовые трубы – п.п. 4.3.7, 4.8, 4.3.13–4.3.16.

Совместимость трубных проводок с другими прокладками (трубопроводов, электрокабелей, трубными проводками) определяется пунктами 5.1–5.4 РМ.

Приводим с некоторыми купюрами перечисленные пункты РМ, которые необходимо учитывать при разработке схем расположения трубных проводок.

Металлические трубные проводки:

«...4.2.6. Трубные проводки из стальных углеродистых и медных труб при монтаже одиночными трубами должны быть смонтированы на опорных конструкциях (перфорированном Z-образном профиле или перфорированном швеллере).

4.2.7. Крепление труб к опорным конструкциям осуществляется однолапковыми, 2-лапковыми и безлапковыми скобами и хомутами.

4.2.4. Трубные проводки СА из стальных углеродистых и медных труб должны выполняться, как правило, в виде трубных блоков.

4.2.5. По конструктивному исполнению трубные блоки подразделяются:

- на обойме;
- пакетные;
- мостовые;
- на швеллере.

4.2.8. Способы установки и крепления блоков из стальных и медных труб выполняются по типовым чертежам АООТ «Монтажавтоматика».

Типовые чертежи обеспечивают выполнение различных вариантов прокладок трубных блоков по стене, по потолочному перекрытию, между колоннами.

Для установки и крепления трубных блоков применяются кронштейны, подвесы, профили, уголки, обхваты для колонн.

Трубные проводки из пластмассовых труб:

4.3.7. Возможность применения пластмассовых труб и пневмокабелей в производствах, относящихся по пожаро- и взрывоопасности к категориям А, Б, В и Е, должна решать проектная организация по согласованию с органами Госнаadzора в каждом конкретном случае в зависимости от физико-химических свойств транспортируемого вещества, места и способа прокладки в соответствии с СН 550 (раздел 1).

4.3.8. Не допускается применение пластмассовых труб для линий автоматического и дистанционного управления аппаратами пожаротушения и пожарной сигнализации, а также пневматических устройств аварийной вентиляции, отсечных клапанов и т. п.

4.3.12. Для прокладки пластмассовых труб следует применять изделия заводов Ассоциации «Монтажавтоматика»: кабельные стойки и полки, перфорированные лотки, уголки, а также короба, мосты и т. п.

4.3.13. Пластмассовые трубы и пневмокабели следует прокладывать следующими способами:

- в коробах, на лотках и мостах, кабельных конструкциях;
- в защитных трубах;
- на тросе.

Бронированные пневмокабели не допускается прокладывать в коробах и защитных трубах.

Пластмассовые трубы и пневмокабели укладываются в лотках с высокими бортами, в коробах на горизонтальных участках свободно без креплений, а на вертикальных с креплениями с интервалом не более 1 м.

Пластмассовые трубы и пневмокабели на лотках, мостах, кабельных конструкциях должны укладываться в один ряд.

В пневмоавтоматике трубные проводки из пластмассовых труб и пневмокабелей могут прокладываться в защитных трубах. В этих случаях в качестве протяжных устройств рекомендуется применять протяжные коробки, предназначенные для прокладки электрических проводок.

Пластмассовые трубы для командных проводок могут также прокладываться в металлорукавах. Для этого используются негерметичные металлорукава РЗ-Ц-Х.

Прокладка пневматических труб и пневмокабелей на тросе выполняется, когда невозможно вести прокладку путем крепления поддерживающих их опорных конструкций непосредственно к стенам, потолкам и другим строительным элементам зданий.

Пневмокабели могут прокладываться в каналах. Прокладка пневмокабелей в каналах может производиться по дну или на полках сборных конструкций, укрепленных в стенах канала.

4.3.14. Пластмассовые трубы должны укладываться на несущие конструкции свободно, без натяжения с тем, чтобы изменения их длин, вызываемые изменениями температуры окружающей среды, не создавали дополнительных напряжений.

4.3.15. Пластмассовые трубы и пневмокабели, проложенные открыто на высоте до 2,5 м от пола, должны быть защищены от повреждений металлическими кожухами, трубами и другими устройствами.

Участки труб длиной до 1 м у приборов, исполнительных механизмов и средств автоматизации, установленных на технологических трубопроводах и оборудовании, допускается не защищать.

Наружная трубная проводка из пластмассовых труб должна быть защищена от попадания прямых солнечных лучей.

4.3.16. Не допускается прокладка импульсных проводок из пластмассовых труб совместно с электрическими кабелями.

В пневмоавтоматике прокладка пластмассовых труб с электрическими проводками СА допускается при условии соблюдения следующих положений:

- в коробах – в отдельных каналах двух- и трехканальных коробов;
- на сборных кабельных конструкциях – на отдельных полках и ниже электрических кабелей на расстоянии не менее 150 мм;

– на мостовых конструкциях и лотках на расстоянии не менее 150 мм от электропроводок;

– взаимное расположение пневмокабелей и пластмассовых труб с электрическими проводами искробезопасных цепей не регламентируется».

Совместимость трубных проводок характеризуется минимальными расстояниями проводок от трубопроводов и строительных конструкций (таблицы 16.Т4, 16.Т6, 16.Т7).

«...5.1. Трубные проводки I и II категорий не рекомендуется прокладывать совместно с трубными проводками III, IV и V категорий. Лучшим решением является прокладка трубных проводок различных групп и категорий отдельными потоками, если это не противоречит другим условиям монтажа и эксплуатации. При вынужденном решении, т. е. когда трубные проводки различных групп и категорий могут быть проложены только совместным потоком, то в этом случае трубные проводки различных групп и категорий должны быть защищены от взаимных воздействий при эксплуатации.

5.2. Трубные проводки должны прокладываться, как правило, отдельно от электрических проводок. Исключением являются трубные проводки V категории, выполненные металлическими трубами при заполнении их инертными газами (или воздухом), которые могут прокладываться совместно с электрическими проводками различного назначения, а также трубные проводки V категории, выполненные пластмассовыми трубами при заполнении их инертными газами (или воздухом), которые могут прокладываться совместно с искробезопасными электрическими проводками, например, измерительными цепями пирометрических термометров электрического сопротивления и другими искробезопасными цепями.

5.3. Совместная прокладка трубных проводок СА и технологических трубопроводов, а также прокладка одиночных трубных проводок СА по технологическим трубопроводам допускается лишь при вынужденных и технически обоснованных решениях (в соответствии с проектным решением по конкретному объекту) при условии согласования принятого решения с организацией, проектирующей технологические трубопроводы.

5.4. Трубные проводки с токсичными, взрыво- и пожароопасными заполняющими средами следует прокладывать, закреплять и защищать так, чтобы к ним был обеспечен свободный доступ для осмотра. Эти виды трубных проводок должны проходить в местах, исключающих скопление токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ, которые могут попадать туда при нарушении плотности соединений трубных проводок».

16.6. ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ И ТРУБ

В период действия плановой экономики изделия для монтажа электрических и трубных проводок производили предприятия Главмонтажавтоматики и Главэлектро-монтажа, выбор изделий был ограничен номенклатурой этих предприятий. Некоторые изделия изготавливали непосредственно в мастерских монтажных организаций трестов Главмонтажавтоматики.

Все изделия входили в объем поставок организации, производящей монтажные работы на объекте строительства (как правило, организации Главмонтажавтоматики Минмонтажспецстроя СССР).

Выбор изделий для электрических и трубных проводок проектировщик АСУТП выбирал из небольшой номенклатуры изделий и включал изделия в рабочую документацию АСУТП.

Монтажная организация при необходимости в минимальном объеме производила замену изделий, примененных в проектной документации АСУТП.

В настоящее время в России действует большое число фирм производителей и дистрибьюторов изделий для монтажа электрических и трубных проводок. Номенклатура изделий фирм различна. Изделия различных фирм по геометрическим размерам основных изделий (ширина, высота и т. п.) близки между собою. В отношении материала изделия, его толщины, вида и размеров перфорации и иных отверстий, антикоррозионного покрытия изделия, перечня крепежных аксессуаров, механических свойств – различия между продукцией фирм весьма значительны.

При проектировании конкретной АСУТП следует провести анализ схемы соединений и плана расположения по протяженности, насыщенности, взаиморасположению и возможности объединения кабельных и трубных проводок АСУТП, а также возможности использования совместных кабельных конструкций с электротехнической составляющей объекта управления. Согласования с другими частями рабочего проекта указаны в главе 6, схема 6.Сх1 строки 2/07, 2/08, 3/08 и 7/11.

По результатам анализа следует определить основные изделия электро (трубной) проводки и осуществить поиск фирм, предлагающих необходимые изделия.

При этом следует иметь в виду распределение поставок оборудования и изделий между рядом организаций:

- заказчик;
- генподрядчик;
- субподрядчик по поставке оборудования и изделий для АСУТП;
- монтажная организация.

Для организации – проектировщика АСУТП может сложиться следующая ситуация:

- участие организации в создании АСУТП завершается выпуском «Рабочей документации АСУТП»;
- организация комплектует/участвует в комплектации средств АСУТП;
- организация является генподрядчиком создания АСУТП (т. е. организует закупку средств автоматизации, передачу их в монтаж, производство монтажных и наладочных работ и сдачу АСУТП Заказчику в промышленную эксплуатацию).

Действия при проектировании зависят от сложившейся ситуации, хотя действия в начальной стадии разработки схемы соединения и плана расположения одинаковы.

При выборе фирм-поставщиков необходимо внимательно взвесить все «за» и «против», отобрать наиболее надежную фирму.

Далее действия проектировщика различны.

В первой ситуации проектировщик самостоятельно проводит отбор фирмы, после выбора которой включает изделия фирмы в рабочую документацию.

Желательно по возможности учесть рекомендации организации Заказчика или монтажной организации по выбору фирмы.

Во второй и третьей ситуациях к выбору фирмы подключаются специалисты организации, задачей которых будет комплектование объекта (АСУТП).

Специалисты по роду своей деятельности проведут более тщательный отбор фирмы поставщика: наведут необходимые справки и выяснят репутацию, опыт работы и отзывы потребителей и Заказчика о намеченном поставщике, уточнят гарантии поставки, сертификаты поставщика.

Специалисты подготовят технический запрос на поставку, получают и анализируют технико-коммерческие предложения фирм-претендентов, их гарантии, финансовые условия поставок и др.

Проектировщик в этих случаях оказывает техническую помощь при подготовке запросов и при анализе ответов фирм на предлагаемую продукцию.

Данные по изделиям выбранной фирмы используются при разработке рабочей документации.

Изделия для прокладки кабелей и труб условно можно разделить на:

- кабель-каналы;
- несущие элементы;
- монтажные материалы.

Несущие элементы и монтажные материалы иногда называют аксессуарами кабель – каналам.

Кабель-каналы изготавливаются из пластика или из металла.

Также из пластика или металла изготавливаются некоторые несущие и монтажные элементы.

Пластиковые кабель-каналы в последние годы получают широкое применение во многих проводках, особенно в проводках информационной технологии и локальных вычислительных сетях при использовании вычислительной техники.

Преимущество пластиковых кабель-каналов перед металлическими следующие:

- высокая химическая стойкость;
- высокие электроизоляционные свойства;
- отсутствие шероховатости поверхности;
- отсутствие образования конденсата в конструкциях;
- негигроскопичность;
- отсутствие коррозии;
- отсутствие необходимости обновления антикоррозионной окраски;
- малый вес;
- легкое разрезание и вырезание;
- увеличенная производительность труда монтажников;
- меньшая стоимость.

Недостатки пластиковых кабель-каналов по отношению к металлическим:

- недостаточная теплостойкость;
- повышенная хрупкость при низких температурах (ниже 0 °С);
- меньшая механическая прочность;
- недостаточная стойкость против прямой солнечной радиации;
- неприменимы во взрыво- и пожароопасных зонах;
- неприменимы в зрительных залах, сценах, кинопроекторных помещениях, в детских садах, яслях, больницах;
- неприменимы для систем противопожарной автоматики;
- повышенный коэффициент линейного расширения.

Кабель-каналы по конструкции различаются на следующие виды:

- лоток (перфорированный или сплошной – глухой);
- мост (мост может называться лотком лестничного типа или кабель-ростом);
- короб.

Некоторые фирмы выпускают крышки для лотков, тем самым сближают конструкцию сплошного/глухого лотка с коробом. Высота боковой стенки лотка обычно не превышает 50 мм, в то время как высота стенки короба может быть 200 мм.

Кабель-каналы имеют секции:

- прямые длиной 2000 мм или 3000 мм;
- угловые на 90° горизонтальные или вертикальные (внешние или внутренние для короба);
- Т-образные (тройниковые);
- Х-образные (крестообразные).

Некоторые фирмы выпускают переходные секции, в которых размеры подходов имеют различные значения.

Несущие элементы подразделяются на несущие конструкции и опорные конструкции.

Несущая конструкция – конструкция, которая опирается на опорные конструкции и служащая для закрепления или поддержки труб, кабелей и других устройств на участках между опорными конструкциями (лоток, мост, короб, струна, трос).

Опорная конструкция – конструкция, которая закреплена на элементах здания или сооружения и предназначена для установки несущих конструкций (стойка, кронштейн, консоль, подвес и др.).

Из приведенных определений терминов видно, что кабель-каналы относятся к несущим конструкциям и условно вынесены в отдельный вид несущих элементов.

К несущим элементам, кроме кабель-каналов относятся следующие:

- струна;
- трос;
- труба защитная;
- рукав гибкий;
- полка;
- консоль горизонтальная (с подпятником);
- консоль вертикальная (с подпятником);
- стойка;
- подвес;
- косынка;
- подпятник;
- шпилька (нарезной стержень).

К монтажным материалам относятся широкий спектр изделий:

- болты;
- гайки;
- шайбы;
- швеллеры;
- соединители;
- уголки;
- полосы;

- зетовые профили;
- ленты;
- проволока;
- подвески;
- держатели;
- зажимы;
- цепочки;
- крючки;
- дюбели;
- скобы;
- прижимы;
- хомуты;
- муфты соединительные.

Некоторые фирмы предлагают бесплатно программное обеспечение класса САД для проектирования и моделирования систем кабельных проводок.

Выбранная (организацией-проектировщиком АСУТП по согласованию в случае необходимости с Заказчиком) фирма-поставщик по схеме расположения готовит коммерческое предложение, в приложении к которому приводит спецификацию кабель-каналов, несущих элементов и монтажных материалов.

Задача организации-проектировщика АСУТП – провести техническую проверку правильности и полноты предлагаемой спецификации для осуществления кабельной и трубной проводки на объекте АСУТП.

16.7. ПРОХОДЫ ПРОВОДОК ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ

Проход электрических и трубных проводок через ограждающие строительные конструкции следует проектировать с использованием типовых монтажных чертежей (сборник СТМ14-29-93 АООТ «Монтажавтоматика»).

В сборнике для каждого монтажного чертежа приведен эскиз прохода и изложение рекомендуемая область применения. Последнее дополняет и уточняет наименование монтажного чертежа.

Особое внимание монтажные чертежи сборника обращают на организацию проходов с различной степенью огнестойкости и газонепроницаемости.

В таблице 16.Т15 приведена таблица типовых монтажных чертежей проходов проводок через ограждающие строительные конструкции. К последним относятся следующие виды сгораемых и несгораемых конструкций:

- металлическая тонкостенная конструкция;
- перегородка толщиной менее 300 мм;
- перегородка толщиной более 300 мм;
- стена с температурным осадочным швом;
- перекрытие;
- кровля;
- сгораемая стена, перегородка, перекрытие.

Таблица 16.Т15 и таблица 16.Т16, в которой приведен перечень типовых монтажных чертежей проходов проводок позволяют проектировщику АСУТП выбрать мон-

тажный чертеж для конкретного проектного решения через конкретную проектную строительную ограждающую конструкцию. По данным чертежа определяют размеры проема, которые необходимо привести на схеме расположения оборудования и проводок.

Размеры проема и № монтажного чертежа необходимо включить в задание на проектирование проходов для передачи в проектное подразделение по разработке строительной части проекта.

Местоположение прохода и его размеры следует согласовать с проектировщиками строительной части (возможно, также с Заказчиком). Возможное в дальнейшем отступление от рекомендуемых размеров разработчик строительной части должен согласовать с проектировщиком АСУТП и Заказчиком.

16.8. ВВОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДКИ

Ввод электрической проводки в средство автоматизации различается для групп средств:

- ввод в прибор (датчик, преобразователь, источник питания, контроллер, щитовой прибор и т. п.);
- ввод в щит, пульт, коробку и т. п.

Виды вводов приведены на схеме 16.Сх7 и рисунке 16.Р1.

Вводные устройства, которые применяются для ввода кабеля или провода в прибор, зависят от конструкции ввода прибора:

- клеммная коробка или рейка зажимов;
- штепсельный разъем;
- сальник;
- сальник со втулкой;
- кабельный взрывобезопасный ввод;
- соединение металлорукав – прибор СМП.

Ввод кабеля или провода через сальник, кабельный ввод или соединение СМП дополняется разделкой и оконцеванием электропроводки для подключения клеммы прибора или штепсельного разъема.

Соответственно, проектировщик схемы подключений определяет вид вводного устройства в каждый примененный в проекте прибор по конструктивным данным прибора и проектируемому виду прокладки электропроводки (без защитных устройств, в защитной трубе, металлорукаве, коробе, кабель с броней), диаметру наружному кабеля или провода.

Ввод в щит, пульт, коробку осуществляется либо непосредственно без вводных устройств, либо с использованием следующих вводных устройств:

- штепсельный разъем;
- защитная труба с приваркой;
- защитная труба с заземляющими гайками;
- соединение СМТ – металлорукав – труба;
- соединение СМТ – металлорукав – короб;
- патрубков вводной;
- патрубков вводной с муфтой;

- кабельный ввод ВКУ;
- сальник из цветного металла;
- сальник пластмассовый.

Проектировщик самостоятельно определяет вид вводного устройства, исходя из проектируемой прокладки кабеля или провода и типа кабельной продукции (кабель изолированный голый, кабель бронированный, кабель или провод в защитной трубе или металлорукаве).

Выбранный вид вводного устройства в шкаф, пульт, коробку индивидуального изготовления указывается в задании на разработку нетипового средства автоматизации – щит или пульт. Эскизный чертеж общего вида нетипового средства – щита, пульта автоматизации должен содержать по п. 5.3.3 ГОСТ 21.408-93 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» указание по вводам для электрических и трубных проводов.

Вводные устройства включают в спецификацию щита/пульта в раздел «прочие изделия» в группу «изделия для электромонтажа».

Для соединительной и протяжной коробки следует указывать вводные устройства (сальник (гленд), изолятор проходной, гермоввод) по п. 4.5.1.5 ГОСТ 21.408-93 и п. 4.16 ГОСТ 2.702-75* «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем».

Вводные устройства приобретаются в комплекте совместно с соединительной или протяжной коробкой.

В настоящее время российские производители и поставщики электромонтажных изделий реализуют значительное число различных вводных устройств, большинство которых представляют собой разновидности сальниковых вводов (в английской терминологии – глендов).

Сальники различаются материалом, конструкцией фиксации кабеля, диаметром фиксируемого кабеля и степенью защиты оболочек электротехнических изделий (IP).

Сальник служит для защищенного ввода кабеля через него в шкаф, пульт, коробку, прибор, центровки кабеля, снятия продольного механического напряжения с кабеля и создания антивибрационного соединения кабеля и корпуса изделия.

Вводное устройство (сальник, гленд) изготавливается из пластмассы, стали, латуни, алюминия.

Вводное устройство может фиксировать не только внутреннюю оболочку кабеля/провода, но также металлический (металлизированный) экран, оболочку, броню.

Вводное устройство может пропускать металлический экран внутрь корпуса изделия, может создавать низкоомное контактное соединение экрана с заземляющими элементами.

До 2000 года зарубежом широко применялась трубная резьба PG, которая с марта 2001 года заменена на метрическую соединительную резьбу. В то же время в эксплуатации находятся устройства с PG-резьбой и резьбой конической NPT.

На рисунке 16.Р3 приведены основные размеры кабельных вводов различной резьбы и диапазоны диаметров кабелей, которые можно зафиксировать в вводе (иногда с использованием уплотнительных, герметизирующих вкладышей). Рисунок в общем случае позволит проектировщику ориентировочно выбрать диаметр вводного устройства для ввода проектного кабеля.

16.9. ВВОД ТРУБНОЙ ПРОВОДКИ

Ввод трубной проводки, также как ввод электрической проводки, различается на:

- ввод в прибор;
- ввод в щит, пульт, коробку.

Виды вводов труб приведены на схеме 16.Сх8 и рисунке 16.Р2.

Ввод трубы зависит от материала трубы:

- металлическая труба;
- пластмассовая или резиновая труба.

Вводное устройство для металлической трубы в прибор зависит от конструкции ввода прибора:

- соединение ниппельное ввертное;
- соединение ниппельное навертное;
- соединение с развальцовкой трубы ввертное;
- то же навертное;
- соединение с заклинивающимся кольцом ввертное;
- то же навертное;
- соединение с конической муфтой ввертное;
- то же навертное;
- муфта с контргайкой и нарезной резьбой на трубе;
- муфта с линзовым уплотнением и нарезкой резьбы на трубе.

Следует иметь в виду, что уплотнительная прокладка в накидной гайке должна соответствовать измеряемой среде (агрессивности, давлению, температуре). Поэтому при заказе вводного устройства следует привести необходимые параметры измеряемой среды в трубной проводке.

Заказ вводного устройства должен содержать также данные по присоединяемой трубе – ее материалу, наружному диаметру и толщине стенки.

Ввод пластмассовой или резиновой трубы в прибор может осуществляться через следующее вводное устройство:

- соединение безрезьбовое через ниппель прибора;
- то же через навертной/ввертной наконечник;
- наконечник с шайбой и накидной гайкой;
- соединение пластмассовое ввертное;
- то же навертное.

Выбор вводного устройства в прибор производит проектировщик АСУТП с учетом климатических условий в месте установки прибора, вида ввода трубной проводки в прибор, материала, диаметра и толщины стенки трубы и параметров среды в импульсной трубе (агрессивность, температура, давление).

Ввод в щит, пульт, коробку металлической трубы производится через переборочное соединение различного исполнения:

- с развальцовкой трубы;
- с заклинивающимся кольцом;
- с конической муфтой.

Необходимо уделить внимание выбору уплотнительной прокладки в накидной гайке с тем, чтобы учесть параметры измеряемой, командной, дренажной и т. п. среды в трубе.

Ввод в щит, пульт, коробку эластичной трубы требует использования вводного устройства:

- сальник пластмассовый;
- соединение переборочное пластмассовое.

Вводное устройство для ввода трубы в щит или пульт выбирает разработчик конструкторской документации щита/пульта по данным, приведенным в «эскизном чертеже общего вида щита/пульта», которые составляет проектировщик АСУТП. Данные приведены в спецификации на щит в разделе «прочие изделия», в группе «изделия для монтажа трубных проводок».

Вводное устройство в коробку выбирается проектировщиком АСУТП, который учитывает климатiku в месте установки изделия, материал, наружный диаметр трубы и параметры среды внутри трубы (агрессивность, температура и давление).

Для коробки необходимо определить не только вид и размеры вводного устройства, но также место его расположения на сторонах коробки.

16.10. ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПРОВОДОВ

Цепи заземления средств автоматизации и вычислительной техники подразделяются на цепи защитного и рабочего заземления.

Заземление АСУТП изложено в общем плане в разделе 9.9 Пособия.

16.10.1. Защитное заземление АСУТП

Защитное заземление служит средством защиты от поражения электрическим током человека при повреждении изоляции электроустановки.

В электроустановках АСУТП объектов **требуют** зануления (заземления):

– металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, аппаратов управления, защиты, сигнализации, освещения, корпуса электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) и т. д.;

– металлические щиты и пульта всех назначений, на которых устанавливаются электрические приборы, аппараты и другие средства автоматизации и вычислительной техники; съемные или открывающиеся части щитов и пультов, если на них установлена электроаппаратура напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока; вспомогательные металлические конструкции для установки электроприемников и аппаратов управления;

– металлические оболочки, броня и муфты контрольных и силовых кабелей, металлорукава, металлические оболочки проводов и кабелей, стальные трубы электропроводок, коробки, металлические короба, лотки, кабельные конструкции, кронштейны и другие металлические элементы электропроводок;

– металлические оболочки кабелей и проводов, броня кабелей с цепями напряжением до 42 В переменного и 110 В постоянного тока, проложенные на общих металлических конструкциях с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежит занулению (заземлению);

- металлические корпуса (а в необходимых случаях и обмотки) стационарных и переносных трансформаторов, корпуса выпрямительных устройств;
- металлические корпуса переносных и передвижных электроприемников;
- приборы и аппараты, размещенные на движущихся частях технологического оборудования;
- стационарные металлические защитные ограждения открытых токоведущих частей электроустановок;
- электрофицированный инструмент.

Не требуется преднамеренно занулять (заземлять) отдельными проводниками:

- приборы, аппараты и средства автоматизации, устанавливаемые на зануленных (заземленных) щитах и пультах или иных металлоконструкциях, если обеспечивается надежный металлический и электрический контакт между корпусами и металлоконструкцией (отсутствие краски, лака, окислов или ржавчины);
- открывающиеся и съемные части зануленных (заземленных) щитов, пультов, ограждений и т. п., если на этих частях установлена электроаппаратура с напряжением питания не превышающим 42 В переменного или 110 В постоянного тока;
- корпуса электроприемников с двойной изоляцией и корпуса электроприемников, подключаемых к сети через разделительные трансформаторы.

Не допускается соединение таких электроприемников с системой зануления (заземления).

В качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников в электроустановках АСУТП используются (п. 1.7.70 ПУЭ):

- нулевые рабочие проводники в системах с заземленной нейтралью TN, кроме ответвлений к однофазным электроприемникам, для зануления которых должен использоваться отдельный (третий) нулевой защитный проводник;
- специально предусмотренные для этой цели проводники (жилы кабелей, провода, стальные или медные полосы и т. п.);
- стальные защитные трубы электропроводки;
- алюминиевые оболочки кабелей;
- металлические короба и лотки.

Использование металлических оболочек проводов, несущих тросов, брони и свинцовых оболочек кабелей в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников запрещается во всех случаях.

Допускается в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников использовать естественные заземлители:

- металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств, обрамление каналов, подкрановые пути, площадки, шахты лифтов, подъемников и т. п.);
- металлические конструкции зданий (фермы, колонны);
- металлические стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, систем канализации и центрального отопления и водопровода.

Используемые проводники, металлоконструкции и другие элементы могут служить единственными нулевыми защитными (заземляющими) проводниками, если они по проводимости удовлетворяют приведенным выше требованиям и если обеспечена непрерывность электрической цепи по всей их длине.

При невозможности обеспечения требуемого сопротивления заземляющего устройства естественными заземлителями, перечисленными выше, необходимо составить задание для электротехнической части проекта на проектирование сооружений искусственных заземлителей (п. 1.7.72 ПУЭ).

При питании электроустановок АСУТП по системам TN-C или TN-C-S или TN-S полная проводимость нулевых защитных проводников должна составлять не менее 50 % проводимости фазных и удовлетворять требованию надежного отключения однофазного короткого замыкания (п. 1.7.79 ПУЭ).

По условию механической прочности и стойкости к коррозии нулевые защитные (заземляющие) проводники согласно требованию таблицы 1.7.1 ПУЭ должны иметь следующие размеры по таблице 16.Т17.

При питании электроустановок АСУТП по системе IT сечение заземляющих проводников должно составлять не менее 1/3 сечения фазных, а проводников из разных металлов – не менее 1/3 проводимости фазных.

16.10.2. Элементы защитного заземления

В рабочей документации в схеме расположения оборудования и проводок следует отметить (и учитывать в спецификации и в смете) элементы защитного заземления.

Соединения и ответвления защитных (заземляющих) проводников выполняют с помощью болтов, пайки, сварки (приварки), хомутов и флажков.

Подключаемые защитные проводники из цветных металлов (жилы кабелей и проводов) к узлам заземления средств автоматизации и вычислительной техники, щитам, пультам и т. д. оконцовываются наконечниками.

Перемычки гибкие, медные оконцовываются наконечниками с обеих сторон.

Болтовое соединение имеет стопорные или пружинные шайбы.

Стальные защитные проводники по таблице 16.Т17 присоединяются к оборудованию сваркой или болтовым соединением. Болтовые соединения, как правило, применяют в производственных помещениях и наружных установках без агрессивной среды.

Стальные защитные проводники крепятся к стенам и перекрытиям зданий и сооружений путем пристрелки, а к опорам с шагом более 1 м из полосовой стали путем приварки.

В сырых и особо сырых помещениях, в помещениях с химически активной или органической средой, помещениях пыльных с токопроводящей пылью (смотри раздел 9.3 «Пособия») стальные защитные проводники прокладываются на опорах или прокладках из полосовой стали таким образом, чтобы защитный проводник находился на поверхности основания на расстоянии более 10 мм.

16.10.3. Виды защитного заземления АСУТП

Виды защитного заземления в АСУТП приведены в таблице 16.Т18.

Приведем пояснения видов защитного заземления.

Щит, пульт, электроприемник имеет узел заземления, к которому непосредственно, минуя клеммник или разъем, присоединяется защитный проводник (жила кабеля или провода). Опорная рама щита, пульта также имеет узел заземления, к ко-

тому подключается стальной защитный проводник. Опорные рамы многосекционного щита соединяются между собой перемычками из полосовой стали через подключение их к узлам заземления каждой рамы. Отдельные электроприемники, подверженные вибрации, от узла заземления соединяются гибкой медной перемычкой с заземленной металлоконструкцией.

Металлические оболочки кабелей и проводов, оплетки и экраны проводов и кабелей, броня кабелей заземляются с двух сторон. Заземление осуществляется присоединением к ним пайкой гибкого проводника из цветных металлов и подключением перемычки к узлу заземления щита и/или узлу заземления электроприемника.

Кабельная конструкция заземляется стальным защитным проводником путем сварки его с основанием одиночной полки, со стойкой, с перфорированным профилем. Оцинкованная кабельная конструкция заземляется не сваркой, а с помощью болтового соединения.

Защитный проводник соединяют либо с узлом заземления щита или электроприемника, либо с заземленной металлоконструкцией.

Соединительная коробка заземляется присоединением защитного проводника в кабеле или проводе (пучке проводов) к узлу заземления коробки.

В случае отсутствия внутри коробки узла заземления заземление осуществляют снаружи болтовым соединением перемычки медной с металлоконструкцией, заземленной броней или оболочкой подводимого кабеля.

Таким же образом к соединительной коробке подсоединяют опорные конструкции кабелей, подходящих к коробке.

Линия коробов, лотков, мостов заземляются обязательно с двух противоположных сторон линии. Заземление может быть выполнено либо сваркой стального защитного проводника и заземленной опорной кабельной конструкцией, либо болтовым соединением гибкой медной перемычки.

Ответвление от основной линии коробов, лотков заземляются в дальнем конце отдельным защитным проводником.

Начало линии подключается к узлу заземления щита болтовым соединением, а конец линии подключается к заземленным конструкциям или электроприемнику либо сваркой при стальной перемычке, либо болтовым соединением при гибкой медной перемычке.

Защитная стальная труба электропроводок заземляется в начале и в конце трассы путем присоединения защитных проводников к узлу заземления щита или коробки в начале трассы и к заземленному оборудованию в конце трассы.

Заземление осуществляется либо гибкими перемычками, либо сваркой стального защитного проводника.

Вся трасса защитных труб должна образовать единую непрерывную электрическую цепь.

В случае наличия на трассе участка из гибкого металлолукава этот участок обходят перемычкой (гибкой или из стали), присоединяя ее к болтам муфты на защитной трубе или к приваренным флажкам.

Металлолукав заземляется отдельным защитным проводником путем пайки.

Трос или струна, несущие кабельную и/или трубную проводку, заземляют от опор или анкеров крепления с двух сторон с помощью гибких перемычек. Опору или анкер в свою очередь заземляют защитным проводником от контура заземления сваркой.

16.10.4. Защитное заземление технических средств АСУТП

Особо остановимся на заземлении технических средств АСУТП.

Защитное заземление АСУТП начинается с магистрали, подключенной к заземлителю электроснабжения объекта.

Магистраль защитного заземления СА и СВТ следует подключать к защитному заземляющему устройству в одной точке, возможно ближе к заземлителю.

Магистраль защитного зануления АСУТП следует соединять в одной точке (узел заземления) с нулевым проводом систем TN-S, TN-C-S, TN-C непосредственно на распределительном щите питания СА или СВТ.

Если указанный распределительный щит удален от трансформаторной подстанции с глухозаземленной нейтралью на значительное расстояние, то на участке сети от подстанции до распределительного щита следует применять четырехпроводную систему (3 фазных провода и нулевой рабочий проводник) TN-C, а начиная с распределительного щита – пятипроводную (3 фазных, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники) TN-S

Распределительный щит должен иметь повторное заземление. Повторное заземление распределительного щита вызвано необходимостью уменьшения колебаний его потенциала относительно земли, вызываемых изменениями тока, протекающего по нулевому рабочему проводнику между распределительным щитом и трансформаторной станцией.

Схема питания и защитного заземления блоков (шкафов) СА и СВТ приведена ранее на рисунке 9.Р3, а также на рисунке 16.Р4.

16.10.5. Защитное заземление оборудования информационных технологий

В совокупность всех технических средств АСУТП входит **оборудование информационных технологий ОИТ**. В ОИТ включается любое оборудование, которое:

– выполняет основную функцию, связанную с вводом, хранением, отображением, поиском, передачей, обработкой, коммутацией или управлением данных и сообщений;

– имеет напряжение питания не более 600 В.

В общем виде в оборудование информационных технологий входят следующие виды (типы) оборудования, в той или иной степени используемые при функционировании АСУТП:

– устройства вычислительной техники, предназначенные для работы с компьютером или в его составе, имеющие или не имеющие отдельный корпус;

– оконечное оборудование цепей данных;

– терминалы данных;

– персональные компьютеры и их части;

– принтеры и пишущие машинки;

– плоттеры и графопостроители;

– факсимильное оборудование, телефонные аппараты, автоответчики;

– счетные (вычислительные) машины;

– калькуляторы;

- копировальные машины и множительные устройства;
- модемы;
- видеодисплейные устройства индивидуальные и проекционные;
- оборудование для микрофильмов;
- оборудование по обработке и подготовке данных;
- диктофонное оборудование;
- устройства накопителей данных на различных носителях;
- устройства бесперебойного питания компьютерной техники с питанием от электросети или аккумуляторных батарей, являющиеся устройствами компьютерной техники и не предназначенные для питания иных устройств;
- машины для уничтожения документов;
- устройства стирания данных;
- оборудование для работы с бумагой (перфораторы, сепараторы, устройства резки, машины подачи бумаги);
- устройства для сшивания бумаги;
- точилки для карандашей.

Защитное заземление оборудования информационных технологий должно выполняться в соответствии с гл. 1.7 ПУЭ.

Питание ОИТ от сети (однофазной сети 220 В или источника бесперебойного питания с тем же напряжением) производится через специальные розетки и вилки с дополнительными контактами («евророзетки» и «евровилки») для соединения с заземляющим или нулевым защитным проводником через трехжильные кабели, в которых одна жила выполняет роль нулевого защитного проводника. Подключение нулевого защитного проводника производится в распределительных шкафах к узлу защитного заземления шкафа.

Нулевые рабочие проводники запрещается использовать в качестве нулевых защитных и наоборот.

С целью уменьшения помех следует применять специально проложенные заземляющие или зануляющие проводники с изолирующей оболочкой во избежание случайных контактов с заземленными металлоконструкциями и электрооборудованием. Сечение проводников должно быть таким, чтобы сопротивление проводника было не более 0,1 Ом.

Изолированные медные или алюминиевые проводники присоединяются в розетке к дополнительному контакту с маркировкой Земля ().

16.10.6. Рабочее заземление (нуль-система) технических средств АСУТП

Рабочее заземление технических средств АСУТП в различных источниках информации имеет различное наименование: логическое (заземление) схемное, функциональное, информационное, физическое, нуль-система и др.

Во избежание недоразумений при использовании термина в данной главе применяется термин – нуль-система. Нуль-система создает стабильный нулевой потенциал в схеме КТС АСУТП.

В нуль-систему входят заземлитель и заземляющие проводники.

Наличие отдельного заземлителя для нуль-системы обусловлено возникновением больших токов растекания от КЗ на землю, электросварки и т. п., создающих

большие разности потенциалов между разными точками заземляющих устройств, и колебания потенциалов отдельных точек искусственных и естественных заземлителей относительно земли.

Работа электрооборудования любой установки (особенно коммутационной и защитной арматуры, шинопроводов и кабелей) является источником мощных электромагнитных полей, создающих помехи в линиях передачи информации, соединяющих средства вычислительной техники (СВТ) с технологическими агрегатами, электроприводами, постами управления, локальными управляющими системами и т. д. Мощность передаваемых сигналов составляет доли ватта, а напряжение — от единиц вольт до десятков милливольт и менее, поэтому помехи могут иметь мощность и напряжение, соизмеримые с полезными сигналами, и исказить информацию. Необходима защита от помех информации, передаваемой по линиям связи. Кроме конструкционных мер, защищающих СВТ от помех, распространяющихся по цепям питания, применения специальных кабелей и способов их монтажа одним из важнейших методов является решение вопроса заземления оборудования АСУТП и кабельных сетей (линии связи).

Источниками помех общего вида, возникающих в системах заземления, металлических оболочках кабелей, является напряжение, создаваемое:

- блуждающими токами заземления при использовании земли в качестве обратного провода в цепях питания;
- уравнительными токами в местах установки агрегатов с заземленной нейтралью;
- токами короткого замыкания на землю.

Помехи общего вида также возникают при наличии:

- заземление в нескольких неэквипотенциальных точках;
- заземление нескольких устройств через общий проводник, особенно устройств приема сигналов и блоков питания.

Нуль-система исключает образование контуров заземления, чувствительных к магнитным полям и разностям потенциалов между отдельными точками.

Для нуль-системы следует применять искусственные заземлители, гальванически не связанные с защитными заземлителями или соединенные с ними в одной точке.

Заземлители нуль-системы должны располагаться на территории промышленного предприятия вне зоны растекания защитных заземлителей (в зоне нулевого потенциала). Расстояние между заземлителями нуль-системы и защитными заземлителями объекта должно быть не менее 20 м, сопротивление нуль-системы должно быть не более 4 Ом.

Заземлители нуль-системы выполняются из такого же материала и должны иметь размеры не менее указанных для заземлителей защитного заземления.

Сечение заземляющих проводников должно быть не менее применяемых для защитного заземления. Сечение и материал заземляющих проводников должны обеспечивать их сопротивление не более 0,1 Ом. Заземляющие проводники должны быть изолированы для предотвращения случайного заземления в непредусмотренных местах.

Использование заземляющих проводников нуль-системы в качестве защитных мер не допускается.

Изолированный заземляющий провод соединяет заземлитель нуль-системы либо непосредственно с узлом рабочего заземления СВТ, либо с металлической шиной, проложенной в помещении СВТ (АСУТП).

Шина должна быть медной сечением не менее 50 мм² или алюминиевой сечением не менее 70 мм². Шина должна быть изолирована от распределительного щита и нейтрали питающей сети.

С нуль-системой должны соединяться нулевой провод блоков СВТ, экраны пар, свободные (незадействованные в схеме) жилы или пары, а также по одной жиле из каждой скрученной пары жил кабелей для передачи информации, если в технической документации на СВТ не указаны способы их заземления.

В кабелях для передачи информации, соединяющих шкафы (блоки) СВТ, один провод (жила) каждой скрученной пары должен быть соединен с защитным нулевым проводом схемы каждого шкафа (блока) СВТ (там, где это необходимо или возможно по схеме).

Образующийся при этом замкнутый контур должен быть разорван с помощью изолирующих или нейтрализующих (симметрирующих) трансформаторов, оптронах и т. п. узлов потенциального разделения, входящих в состав устройства ввода и вывода СВТ.

Экран и оболочка кабеля передачи информации заземляются только с одного конца.

В схемах с незаземленными источниками сигнала и заземленным приемником сигнала (вводное устройство СВТ) экран и оболочку информационного кабеля следует заземлять со стороны приемника сигнала путем присоединения их изолированными проводниками в шкафах СВТ к узлу заземления нуль-системы или металлической шине, проложенной в помещениях СВТ.

В схемах с заземленным источником сигнала и незаземленным приемником сигнала заземление экрана и оболочка кабеля осуществляется со стороны источника сигнала.

16.11. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 2.302-68*	ЕСКД. Масштабы
ГОСТ 2.701-84	ЕСКД. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702-75*	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
ГОСТ 34.201-89	ИТ. КСАС. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем
ГОСТ 21.614-88	СПДС. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах
ГОСТ 3262-75	Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия
ГОСТ 8968-75	Части соединительные стальные с цилиндрической резьбой для трубопроводов Р 1,6 МПа. Контргайки. Основные размеры
ГОСТ 10704-91	Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент
ГОСТ 10705-80	Трубы
ГОСТ 18599-83	Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия
ГОСТ Р 50571.1-93	Электроустановки зданий. Основные положения
ГОСТ Р 50571.15-97	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки

ГОСТ Р 51330.9-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон
ГОСТ Р 51330.22-99	Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламеняемости горючей пыли
СН 550-82	Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб
СНиП 2.01.02-85*	Противопожарные нормы
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации
СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений
СТ М 14-29-93	Электрические и трубные проводки систем автоматизации. Проходы электропроводок через ограждающие строительные конструкции
ВСН 205-84	Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов
ПБ 03-585-03	Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
ПУЭ (6-е издание)	Правила устройства электроустановок. Издание 6. Раздел 7. Главы 7.3; 7.4
РД 50-34.698-90	Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов
РМ 4-6-84, часть 1	Системы автоматизации технологических процессов
РМ 4-6-92, часть 2	Системы автоматизации технологических процессов проектирования электрических и трубных проводок. Часть 2. Трубные проводки
РМ 14-11-95	Заземления электрических сетей управления и автоматизации

16.12. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Адресный метод	16.2.2
Блок кабельный	16.4
Внутренняя трубная проводка	16.5
Внутренняя электропроводка	16.4
Галерея кабельная	16.4
Графический метод	16.2.1
Зона класса П-I	16.4.1
Зона класса П-II	16.4.1
Зона класса П-IIIa	16.4.1
Зона класса П-III	16.4.1
Кабельное сооружение	16.4
Камера кабельная	16.4
Канал кабельный	16.4
Колодец кабельный	16.4
Короб	16.4
Лоток	16.4
Наружная проводка	16.5
Наружная электропроводка	16.4
Несущие элементы	16.6
Несущая конструкция	16.6
Оборудование информационных технологий	16.10.5
Опорная конструкция	16.6
Открытая трубная проводка	16.5
Открытая электропроводка	16.4
Пол двойной	16.4
Рукав гибкий	16.4
Скрытая трубная проводка	16.5
Скрытая электропроводка	16.4
Спецификация	16.2.4
Струна	16.4
Схема расположения	16.1
Технические требования	16.2.3
Трос	16.4

Труба защитная	16.4
Трубная проводка	16.5
Туннель кабельный	16.4
Шахта кабельная	16.4
Эстакада кабельная	16.4
Этаж кабельный	16.4

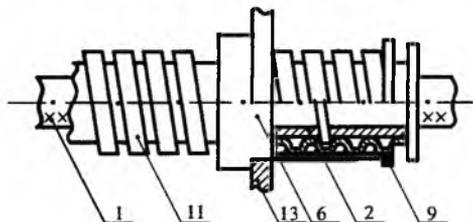
Рисунок 16.Р1

Рисунки вводов электрических проводов

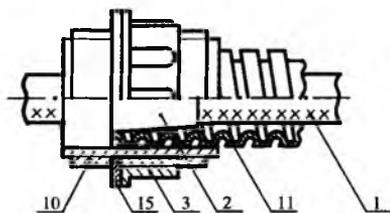
Рис. 16.Р1.1. Ввод кабеля или провода в прибор

а) через сальник с применением втулки

б) через соединение СМП металлорукав-прибор



1 – кабель или провод 9 – кольцо упорное
 2 – втулка 11 – металлорукав
 6 – гайка сальника 13 – перегородка

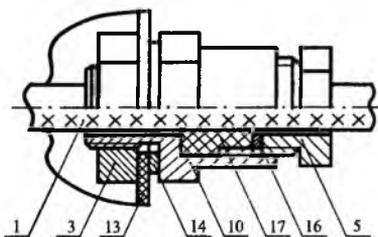


1 – кабель или провод 10 – корпус
 2 – втулка 11 – металлорукав
 3 – гайка 15 – шайба

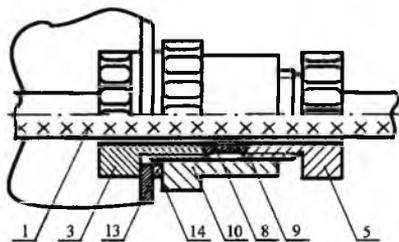
Рис. 16.Р1.2. Ввод кабеля или провода в коробку, щит и т. п.

а) через алюминиевый сальник

б) через сальник пластмассовый привертной



1 – кабель или провод 13 – перегородка
 3 – гайка 14 – прокладка
 5 – гайка нажимная 16 – шайба металлическая
 10 – корпус 17 – шайба резиновая



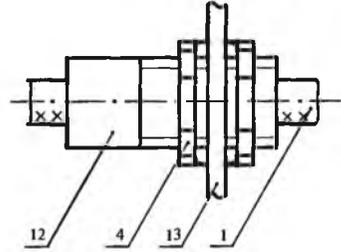
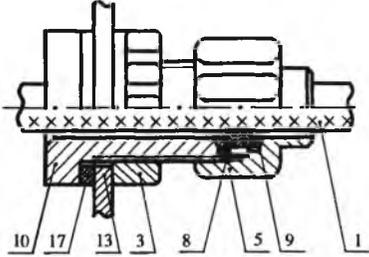
1 – кабель или провод 9 – кольцо упорное
 3 – гайка 10 – корпус
 5 – гайка нажимная 13 – перегородка
 8 – кольцо уплотняющее 14 – прокладка

Окончание рис. 16.P1

Рис. 16.P1.2. Ввод кабеля или провода в коробку, щит и т. п.

в) через ввод кабельный ВКУ

г) через патрубков вводной



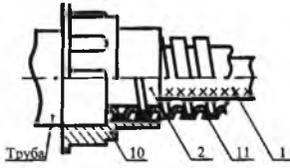
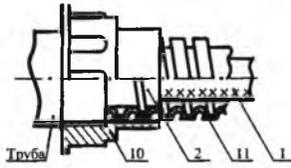
- 1 – кабель или провод
- 3 – гайка
- 5 – гайка нажимная
- 8 – кольцо уплотняющее
- 9 – кольцо упорное
- 10 – корпус
- 13 – перегородка
- 17 – шайба резиновая

- 1 – кабель или провод
- 4 – гайка заземляющая
- 12 – патрубок
- 13 – перегородка

д) через соединение СМТ металлорукав-труба

Присоединение к трубе на резьбе

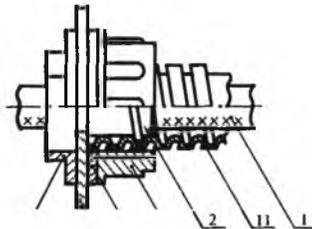
Присоединение к трубе на клею



- 1 – кабель или провод
- 3 – втулка

- 10 – корпус
- 11 – металлорукав

е) через соединение металлорукав-короб

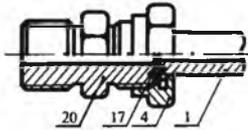
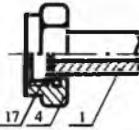


- 1 – кабель или провод
- 2 – втулка
- 3 – гайка
- 10 – корпус
- 11 – металлорукав
- 13 – перегородка
- 15 – шайба

Рисунки вводов трубных проводов

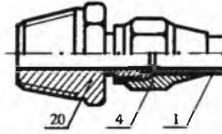
Рис. 16.Р2.1. Ввод в прибор металлической трубы

а) через ниппельное соединение

Соединение ниппельное
ввертное НСВ1 – труба
4 – гайка накиднаяСоединение ниппельное
навертное НСН17 – прокладка
20 – штуцер

б) через соединение с развальцовкой труб

Соединение ввертное

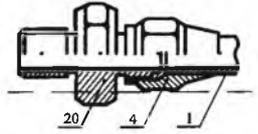


20

4

1

Соединение ввертное

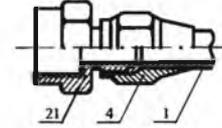


20

4

1

Соединение намертное



1 – труба

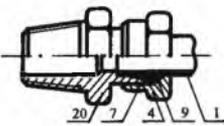
4 – гайка накидная

20 – штуцер

21 – штуцер намертной

в) через соединение с заклинивающимся кольцом

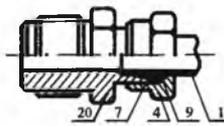
Соединение ввертное



1 – труба

4 – гайка накидная

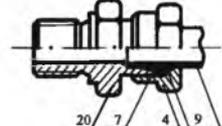
Соединение ввертное



7 – кольцо заклинивающее

9 – кольцо упорное

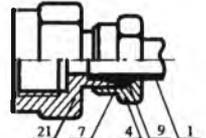
Соединение ввертное



20 – штуцер

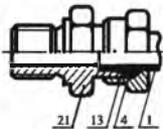
21 – штуцер намертной

Соединение намертное



г) через соединение с конической муфтой

Соединение ввертное



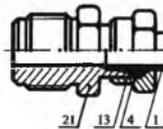
21

13

4

1

Соединение ввертное



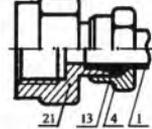
21

13

4

1

Соединение намертное



21

13

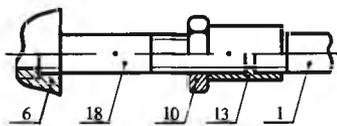
4

1

1 – труба; 4 – гайка накидная; 13 – муфта (коническая);

20 – штуцер; 21 – штуцер намертной

д) через муфту с контргайкой



1 – труба

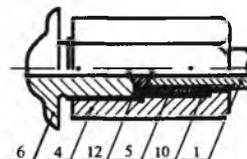
13 – муфта

6 – гнездо прибора

18 – сгон

10 – контргайка

е) через муфтное соединение с линзовым уплотнением



1 – труба

6 – штуцер прибора

4 – гайка накидная

10 – контргайка

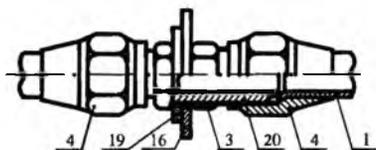
5 – гайка упорная

12 – линза

Продолжение рис. 16.Р2

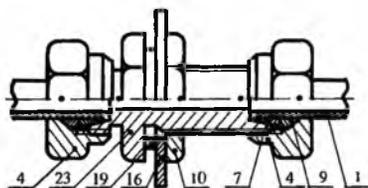
Рис. 16.Р2.2. Ввод в коробку, щит, пульт, станин, шкаф металлической трубы

а) через переборочное соединение
с развальцовкой труб



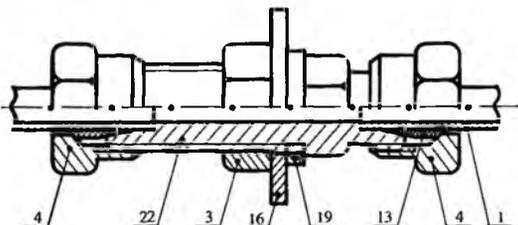
1 – труба 16 – перегородка
3 – гайка 19 – шайба
4 – гайка накладная 20 – штуцер

б) через переборочное соединение
с заклинивающим кольцом



1 – труба 10 – контргайка
4 – гайка накладная 16 – перегородка
7 – кольцо заклинивающее 19 – шайба
9 – кольцо упорное 23 – штуцер проходной

в) через переборочное соединение с конической муфтой

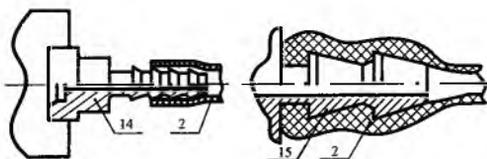


1 – труба
3 – гайка
4 – гайка накладная
13 – муфта коническая
16 – перегородка
19 – шайба
22 – штуцер переборочный

Окончание рис. 16.P2

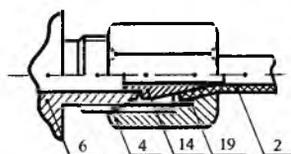
Рис. 16.P2.3. Ввод в прибор пластмассовой/резиновой трубы

а) через пластмассовый сальник



2 – труба пластмассовая/резиновая
14 – наконечник
15 – ниппель

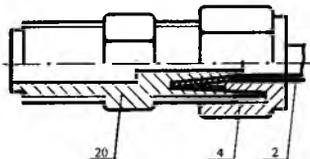
б) через наконечник с шайбой



2 – труба пластмассовая/резиновая
4 – гайка накидная
6 – штуцер прибора
14 – наконечник
19 – шайба

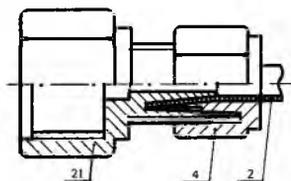
в) через пластмассовое соединение

Соединение ввертное ПСВ



2 – труба пластмассовая/резиновая
4 – гайка накидная

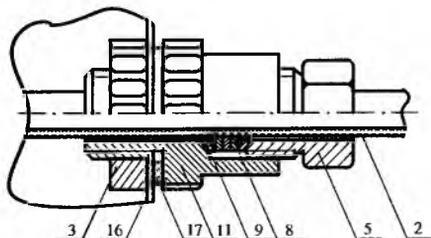
Соединение навертное ПСН



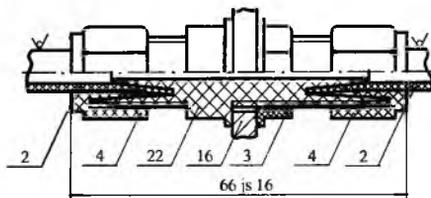
20 – штуцер
21 – штуцер навертной

Рис. 16.P2.4. Ввод в коробку, щит, пульт, станин, шкаф пластмассовой/резиновой трубы

а) через пластмассовый сальник

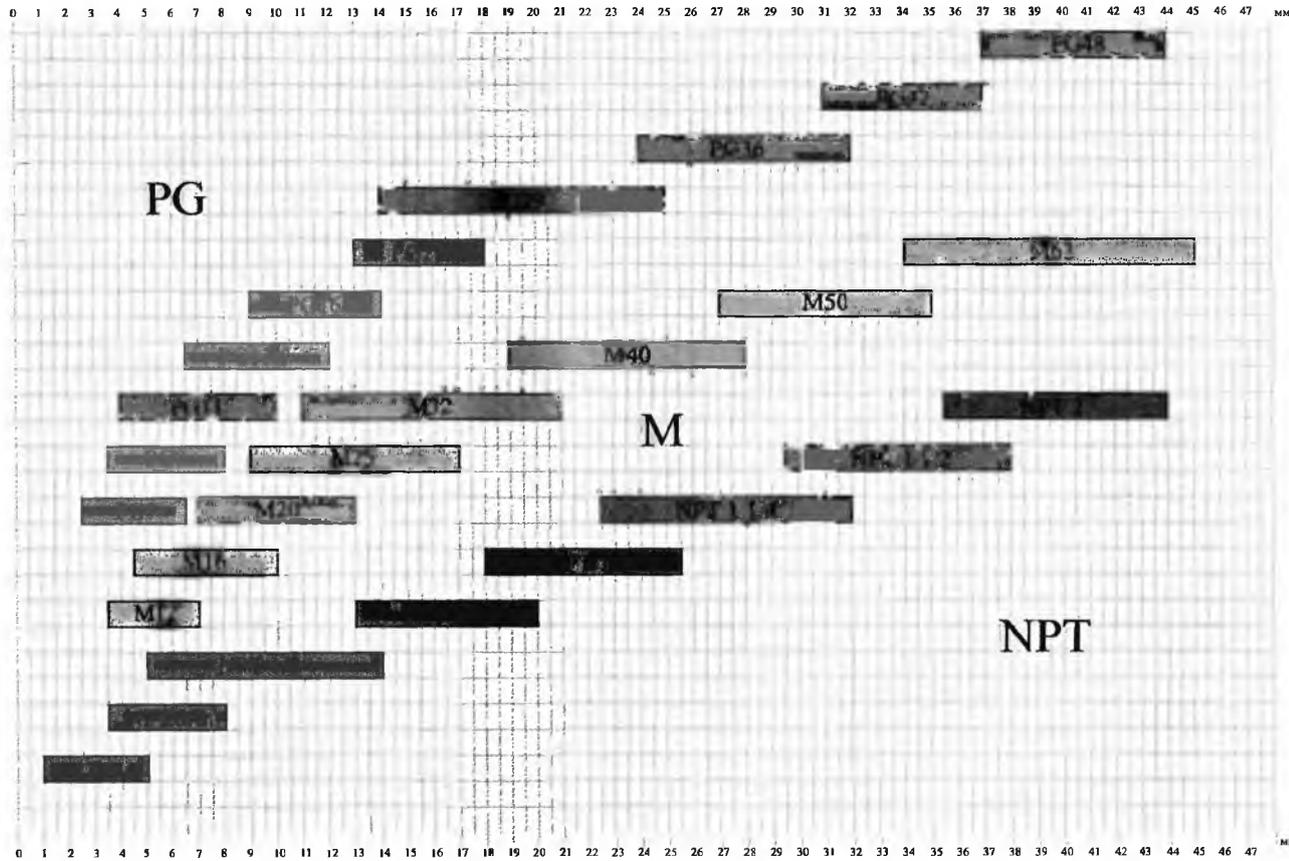


2 – труба
3 – гайка
5 – гайка нажимная
8 – кольцо уплотняющее
9 – кольцо упорное
11 – корпус
16 – перегородка
17 – прокладка

б) через переборочное
пластмассовое соединение

2 – труба
3 – гайка
4 – гайка накидная
16 – перегородка
22 – штуцер переборочный

Основные размеры кабельных вводов М, РG и NPT

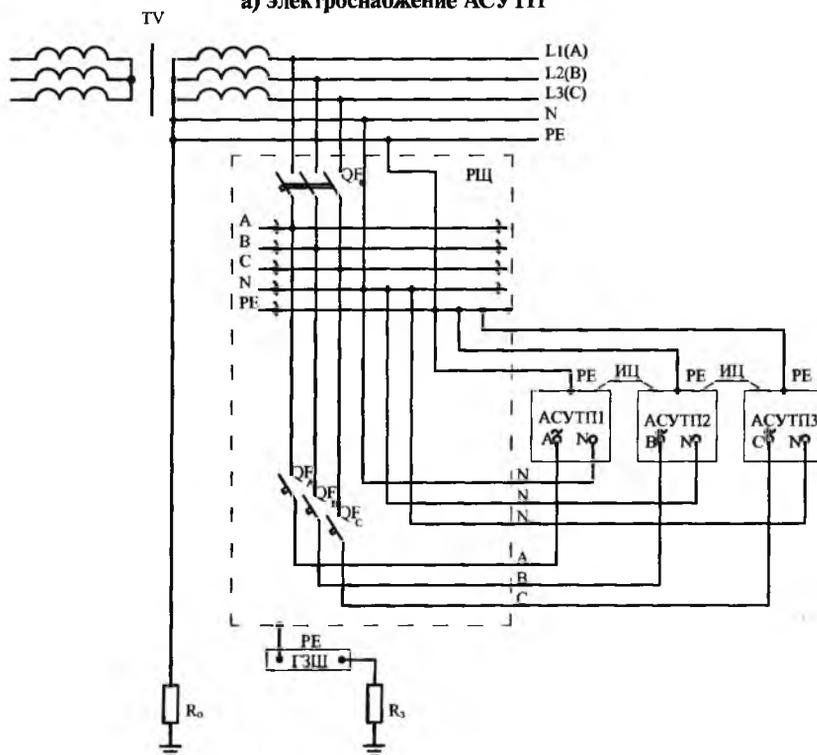


Примечание. Приведены основные размеры кабельных вводов с различными видами резьбы (метрической, трубной, конической) и диапазоны фиксации в мм.

Рисунок 16.Р4

Питание и заземление СА и СВТ

а) электроснабжение АСУТП

**Примечания:**

TV – трансформатор трехфазный;

РЩ – распределительный щит (щит питания);

ГЗШ – главная заземляющая шина – ПУЭ п. 1.7.37;

R_0 – сопротивление рабочего заземления;

R_3 – сопротивление защитного заземления;

ПС – потенциально выравнивающая сетка;

АСУТП1, АСУТП2, АСУТП3 – оборудование отдельных подсистем АСУТП;

A1, A2, ..., AN – техническое устройство АСУТП;

B1, B2, ..., BN – то же;

C1, C2, ..., CN – то же;

L1, L2, L3 – фазные проводники (L) – ПУЭ, п. 1.7.3;

A, B, C – фазные проводники (L) – ПУЭ, п. 1.1.30;

N – нулевой рабочий проводник – ПУЭ, п. 1.1.29; 1.7.35;

PE – защитный проводник (нулевой), (заземляющий), (уравнивание потенциалов) – ПУЭ, п. 1.1.29; 1.7.34;

ИЦ – информационные цепи;

⬅● – подсоединение к строительным и технологическим металлоконструкциям и ПС других этажей;



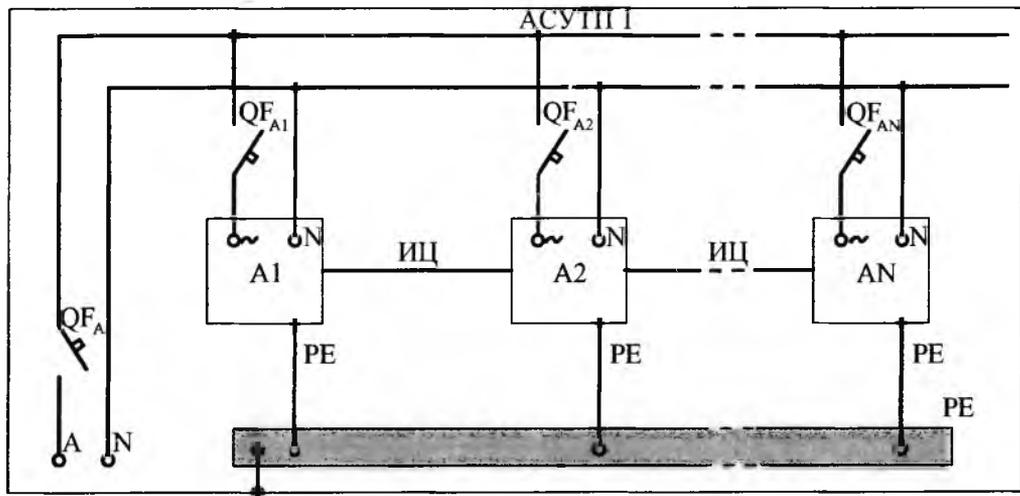
— заземлитель рабочий источника питания;

— заземлитель открытой проводящей части ОПЧ.

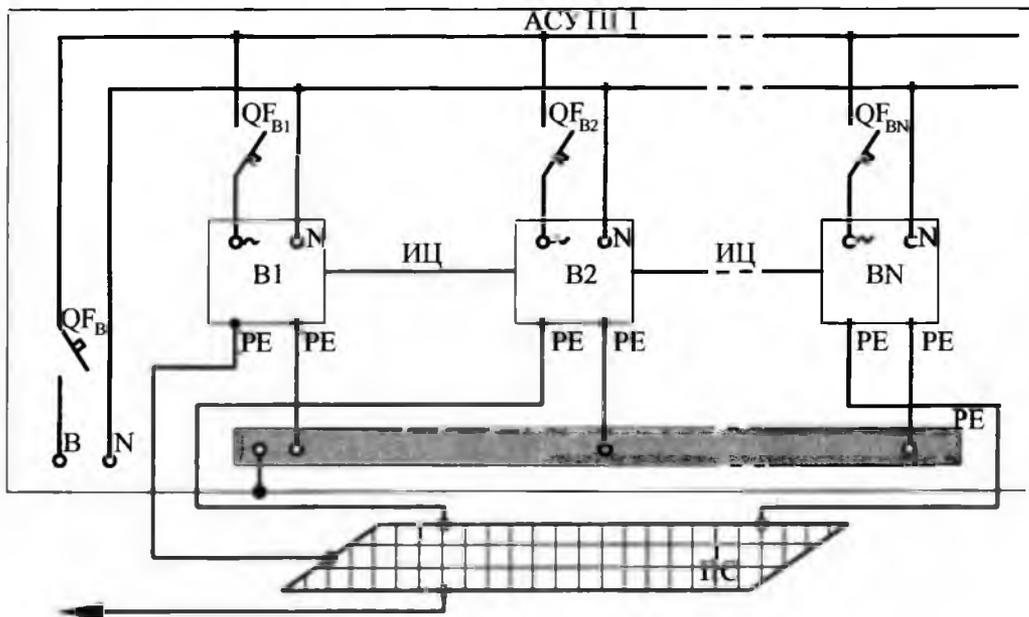
Продолжение рис. 16.Р4

Питание и заземление СА и СВТ

б) радиальное подсоединение защитных проводников

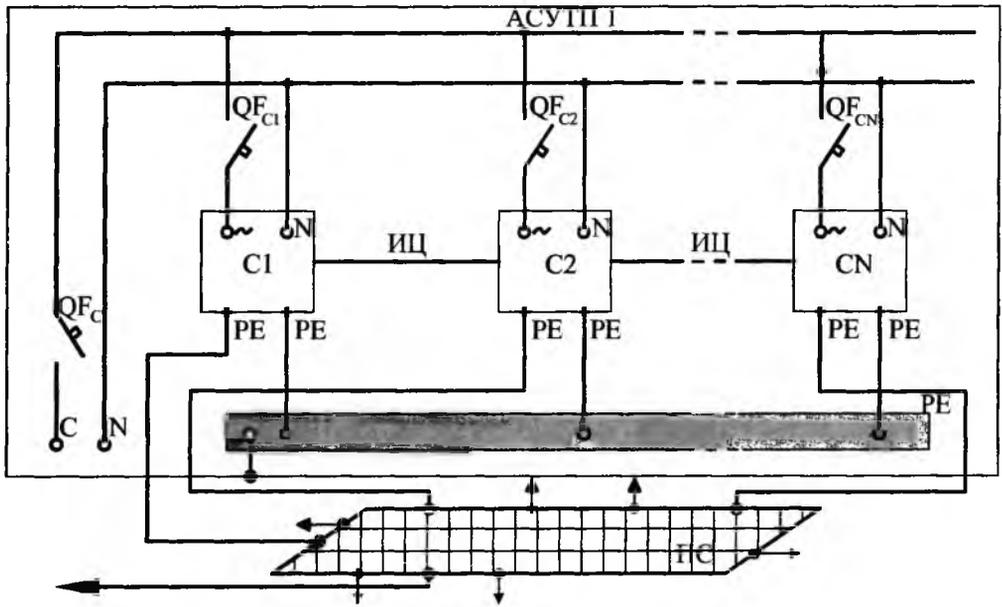


в) локальное устройство выравнивания электрических потенциалов

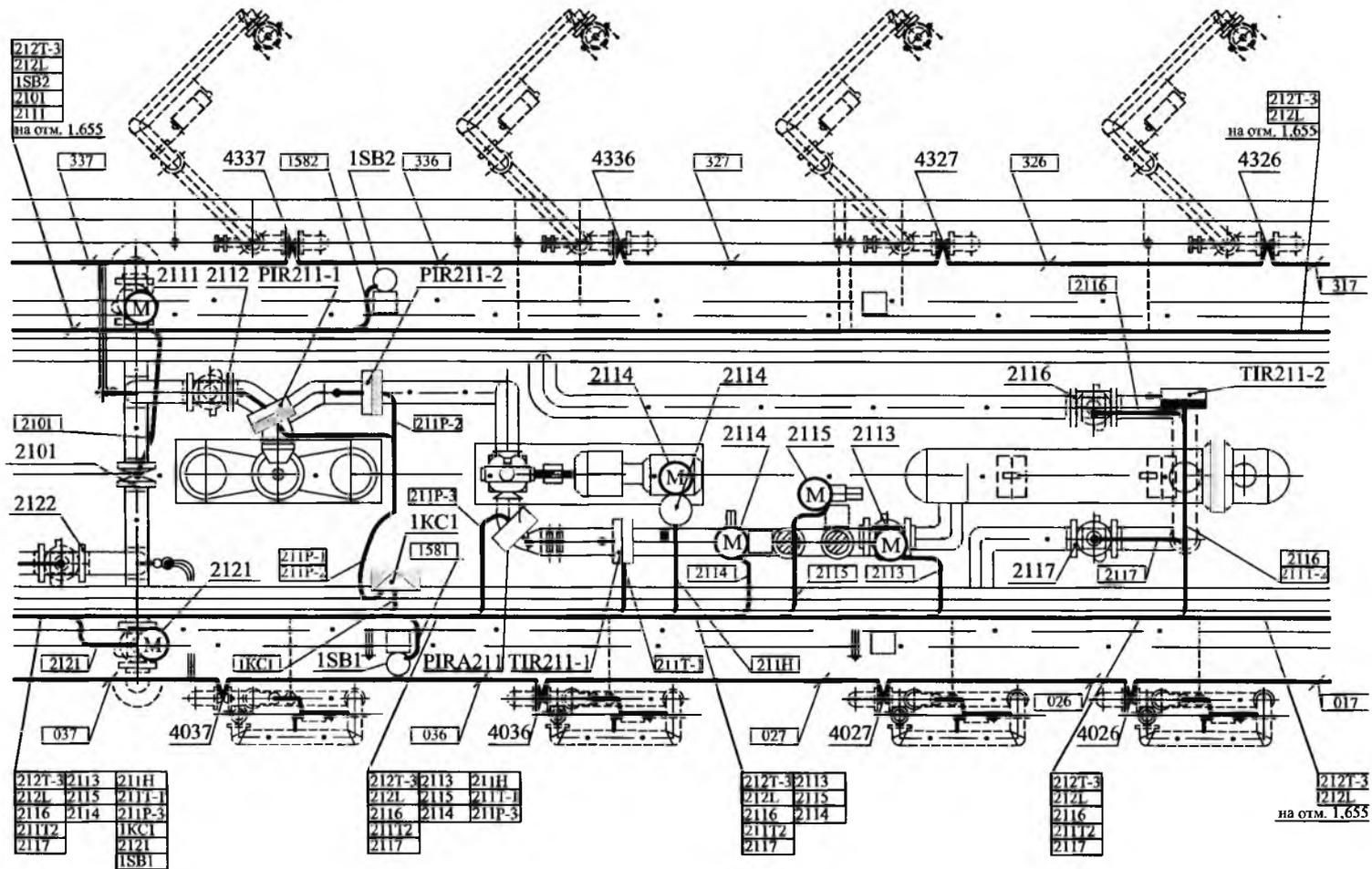


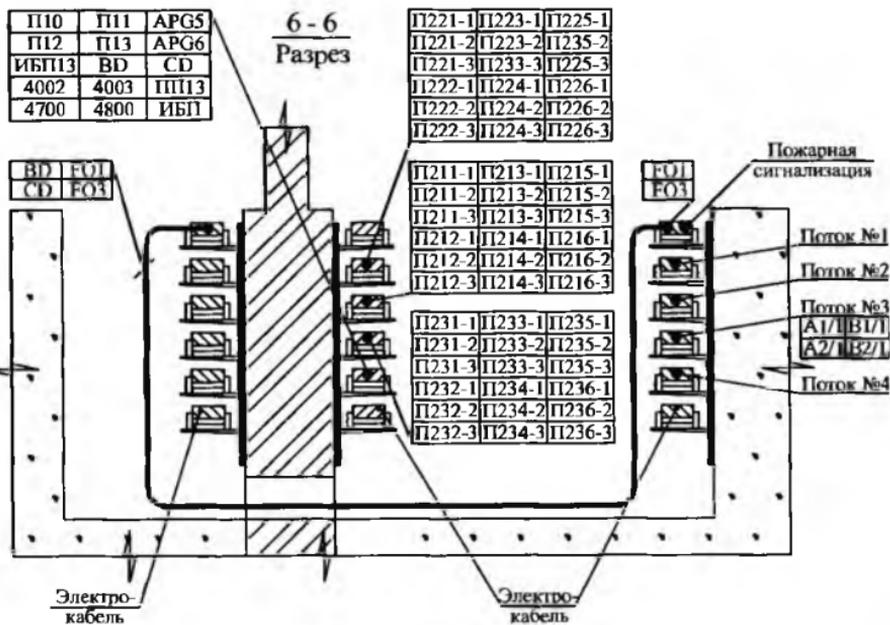
Окончание рис. 16.Р4

г) локальное устройство выравнивания электрических потенциалов (по высоте)



Пример выполнения схемы расположения графическим методом



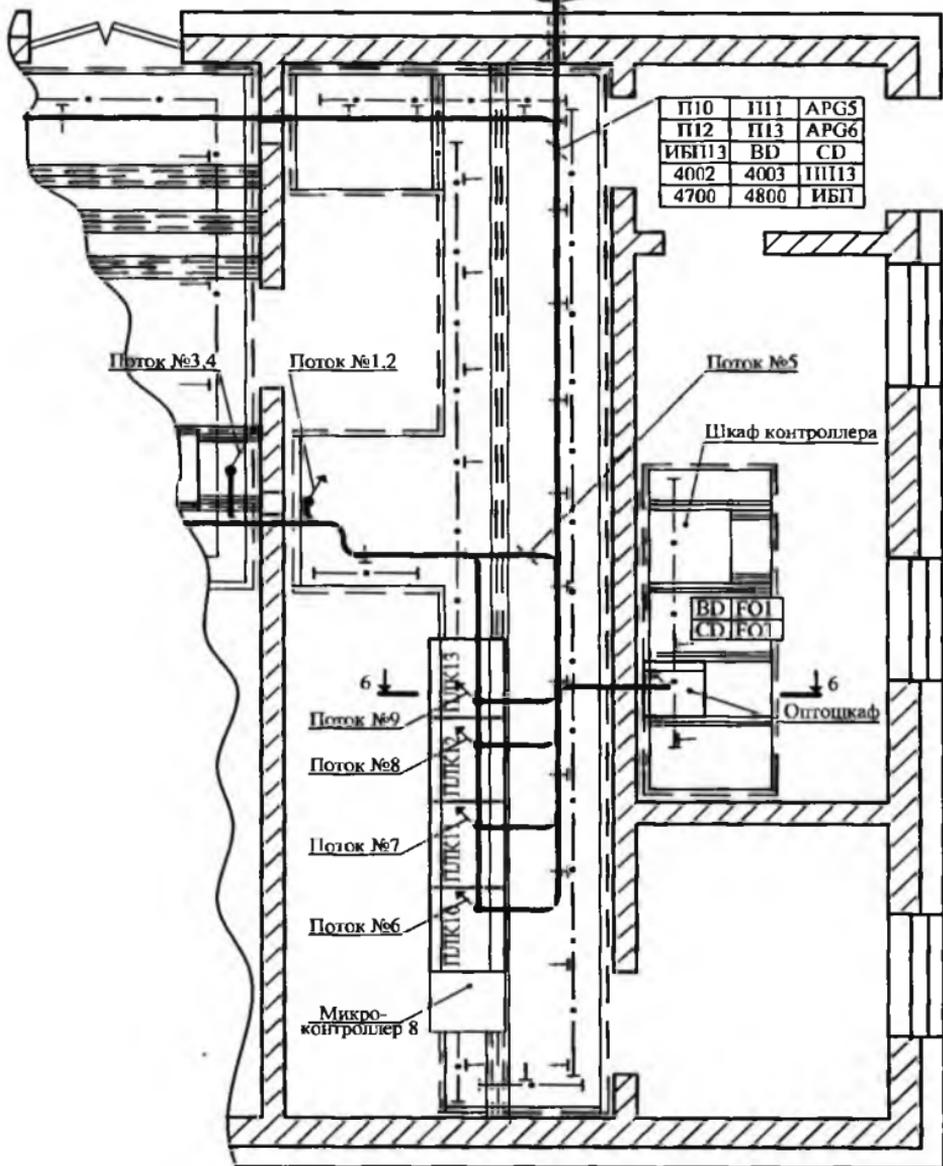
**Поток №7**

1КС1-1	1КС2-1	1КС3-1	1КС4-1	211-1	211-2
212-1	212-2	213-1	213-2	214-1	214-2
215-1	215-2	216-1	216-2	А1/1	В1/1
2111	2113	2114	2115	2121	2123
2124	2125	2131	2133	2134	2135
2141	2143	2144	2145	2151	2153
2154	2155	2161	2163	2164	2165
211R-2	212R-2	213R-2	214R-2	215R-2	216R-2
4018	4058	4068	4108	4118	4158
4318	4358	4368	4408	4418	4458
П211-1	П211-2	П211-3	П212-1	П212-2	П212-3
П213-1	П213-2	П213-3	П214-1	П214-2	П214-3
П215-1	П215-2	П215-3	П216-1	П216-2	П216-3
П235-1	П235-2	П235-3	П236-1	П236-2	П236-3
ТН-2	1КС1-2	1КС2-2	1КС3-2	1КС4-2	

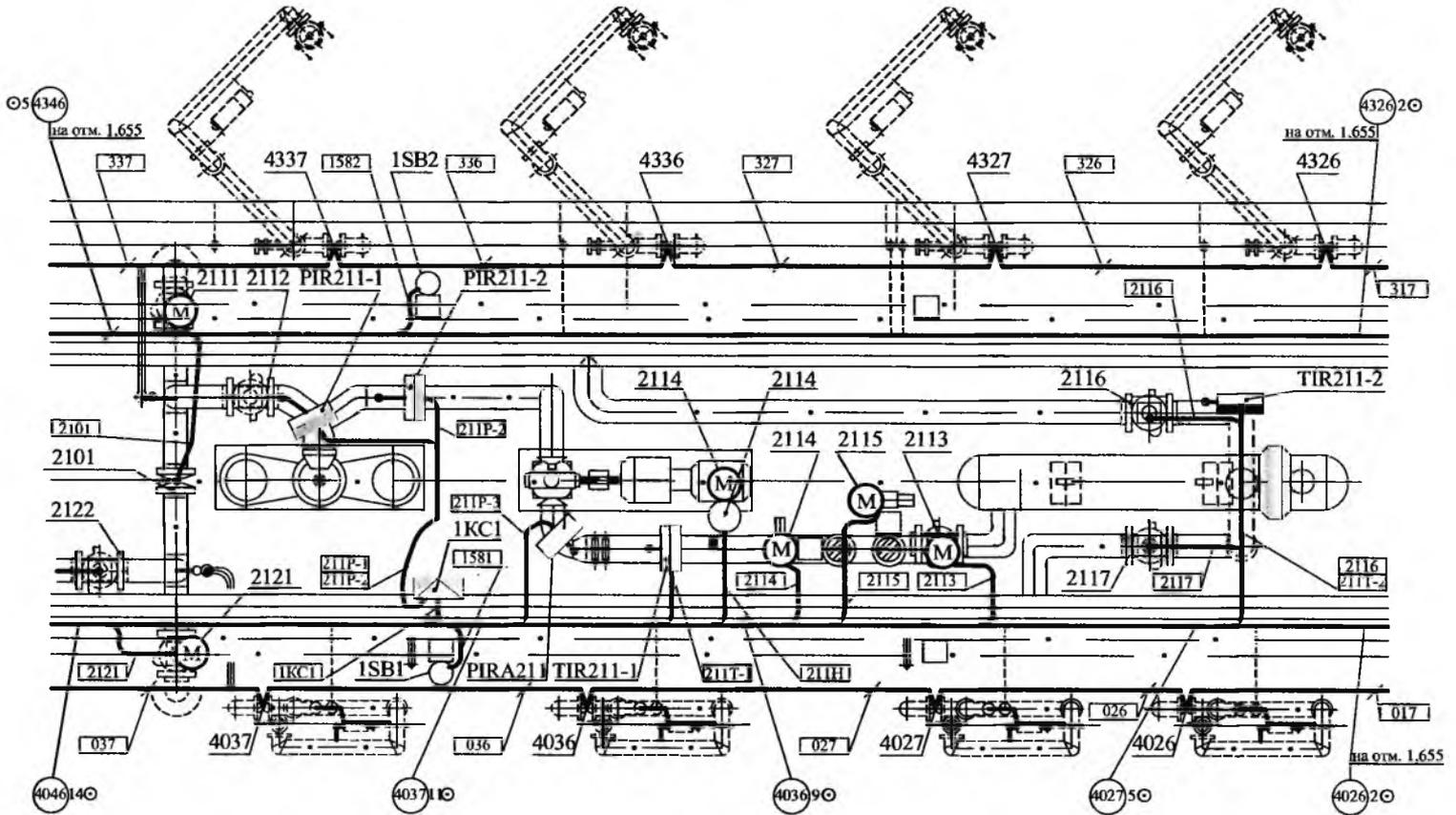
См. чертеж ХХХХ

CD 4002
4003 ПП11

П10	П11	APG5
П12	П13	APG6
ИБП13	BD	CD
4002	4003	ПП13
4700	4800	ИБП1



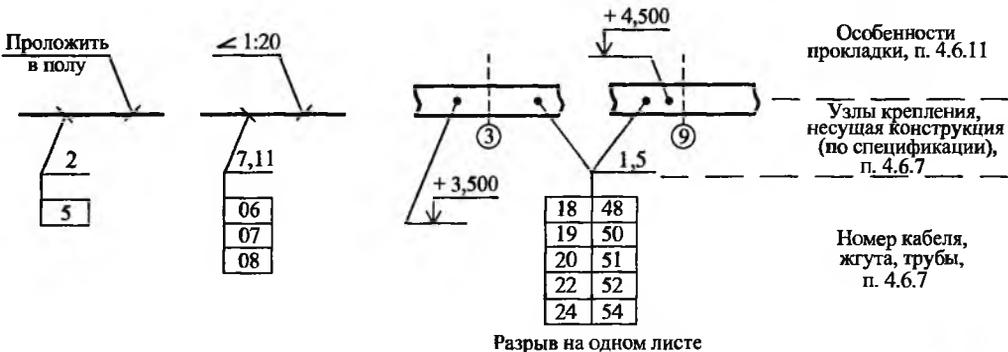
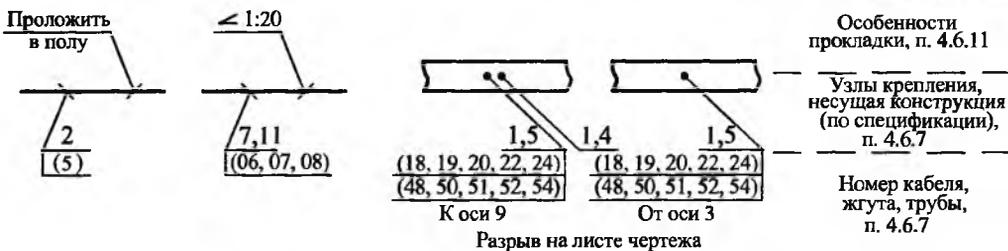
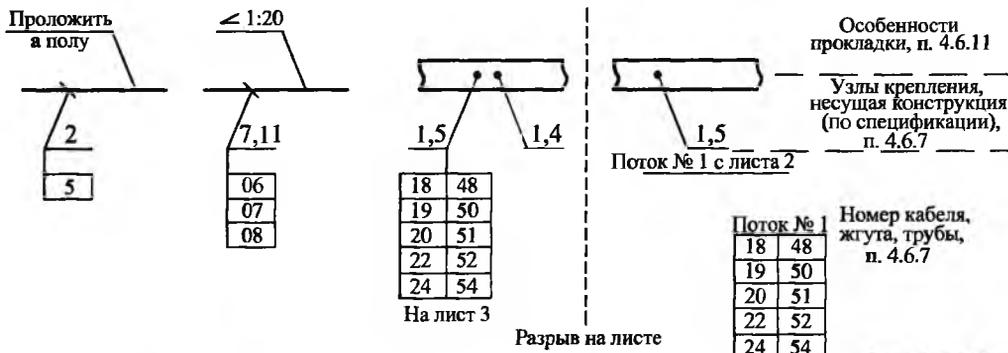
Пример выполнения схемы расположения адресным методом



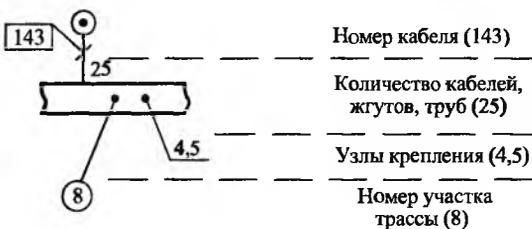
◎ — количество кабелей на участке

Буквенно-графические изображения проводов на схемах расположения по ГОСТ 21.408-93

а) Графический метод выполнения схемы, п. 4.6.11



б) Адресный метод выполнения схемы, п. 4.6.12



Номограмма определения внутреннего диаметра защитной трубы для прокладки проводников одного диаметра

Номограмма предназначена для выбора внутреннего диаметра защитной трубы при прокладке проводников, имеющих один и тот же диаметр.

Слева нанесены четыре шкалы, соответствующие количеству прокладываемых проводников (шкалы n).

Три шкалы предназначены для I, II, III категорий сложности при затяжке в трубу от 3 до 140 проводников.

Четвертая шкала – для прокладки одного или двух проводников при любой категории сложности (римские цифры I, II, III означают категорию сложности, арабские цифры 1 и 2 означают один или два проводника).

Справа на номограмме нанесены четыре шкалы, соответствующие диаметрам прокладываемых проводников в мм (шкалы d); три из них предназначены для I, II и III категорий сложности при затяжке в трубу проводников диаметром от 3 до 35 мм.

Четвертая шкала – для протяжки одного или двух проводников любой категории сложности диаметром от 5 до 35 мм.

Посередине номограммы между шкалами n и d нанесена шкала внутренних диаметров защитных труб (шкала D).

Чтобы определить по данной номограмме требуемый внутренний диаметр защитной трубы, необходимо провести прямую линию, соединяющую точку по шкале n , соответствующую количеству проводников данной категории сложности, с точкой на шкале d , соответствующей диаметру проводников той же категории сложности.

Точка пересечения этой прямой со шкалой D соответствует искомому диаметру защитной трубы. Для найденного внутреннего диаметра защитной трубы по таблицам сортамента труб определяют условный проход защитной трубы (таблица 15.Т3).

По данной номограмме можно также находить требуемое количество проводников, задавая внутренний диаметр защитной трубы и диаметр проводника, тогда ответ следует искать по шкалам n .

Внутренние диаметры защитных труб, определенные по номограмме, следует округлять в сторону больших величин; количество проводников в сторону меньших величин.

Пример. Требуется определить диаметр защитной трубы, в которой прокладывается 12 проводов марки ПВ-660 сечением $2,5 \text{ мм}^2$. Длина защитной проводки – 10 м при трех изгибах.

Определяем:

- а) по таблице 16.Т13 – категория сложности III;
- б) диаметр провода 3,7 мм;
- в) на данной номограмме – проводим прямую линию, соединяющую точку, соответствующую количеству проводов (n), равному 12 по III категории сложности, с точкой, соответствующей диаметру провода, равному 3,7 мм по той же категории сложности. На шкале D получаем внутренний диаметр защитной трубы $\sim 19,2 \text{ мм}$;
- г) выбираем защитную трубу с условным проходом 20 мм.

Номограмма приведена на основании РМ 4-6-84, часть 1.

Номограмма рассчитана по формулам таблицы 16.Т14.

Окончание схемы 16.Сх4

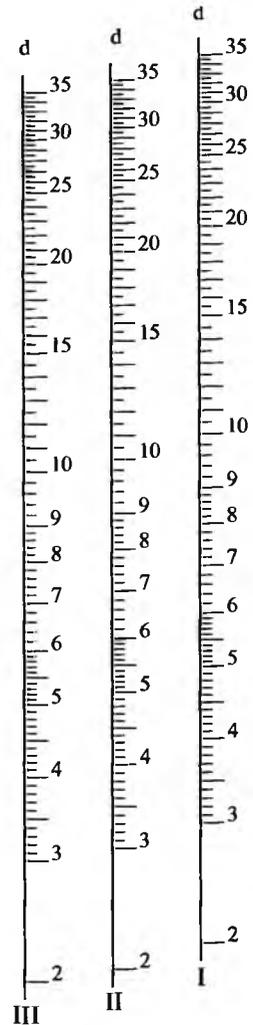
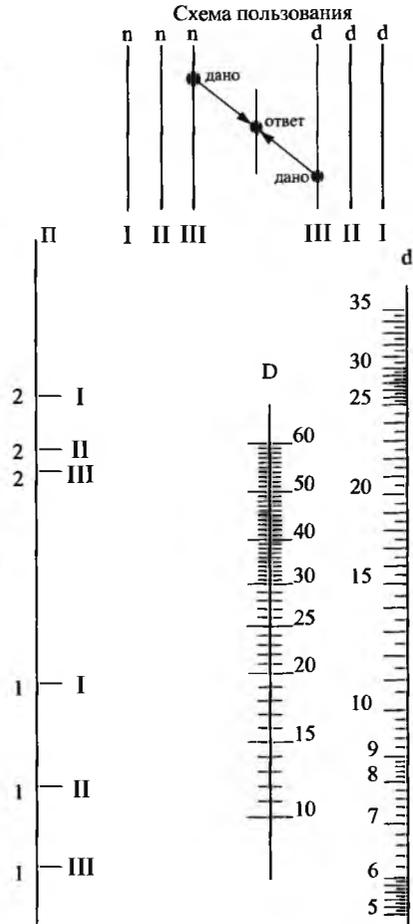
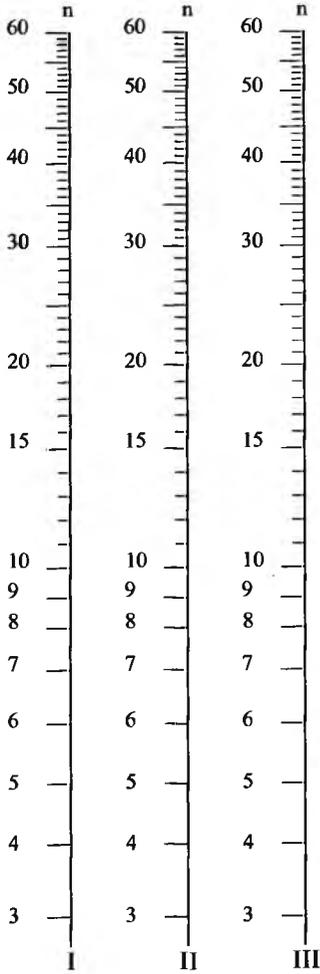


Схема 16.Сх5

**Номограмма определения внутреннего диаметра
защитной трубы для прокладки проводников двух различных диаметров
при общем числе их более двух**

При затяжке в защитную трубу проводников двух различных диаметров при общем числе их более двух, внутренний диаметр защитной трубы определяется по номограмме, рассчитанной по формуле:

$$D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2},$$

- где D — действительный внутренний диаметр защитной трубы, мм;
 D_1 — фиктивный внутренний диаметр защитной трубы для проводников одного диаметра, мм;
 D_2 — фиктивный внутренний диаметр защитной трубы для проводников другого диаметра, мм.

Чтобы определить по данной номограмме действительный внутренний диаметр защитной трубы, необходимо провести прямую линию, соединяющую точку на шкале D_1 с точкой на шкале D_2 .

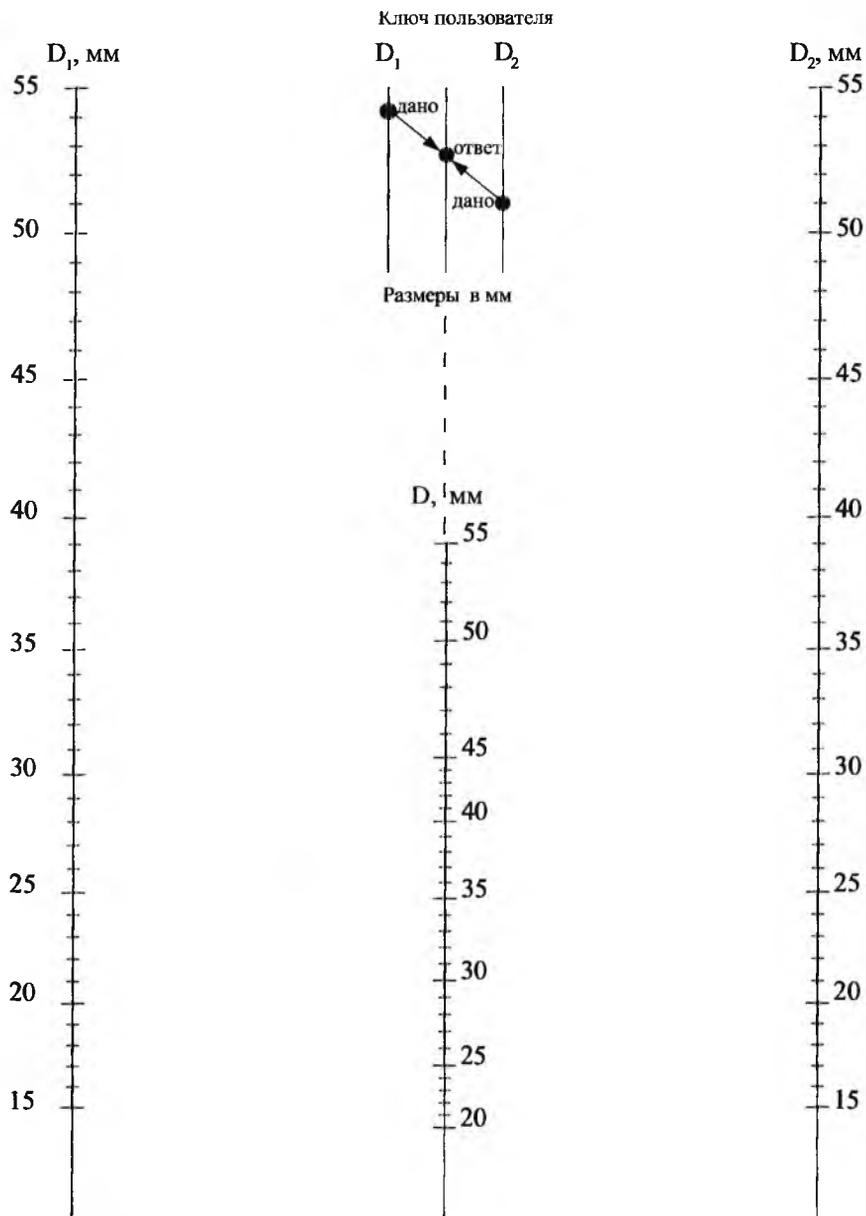
Величины D_1 и D_2 предварительно определяются по номограмме 16.Сх4.

Пример. Требуется определить диаметр защитной трубы, в которой прокладываются 10 проводников диаметром 8,2 мм и 12 проводников диаметром 5 мм. Категория сложности протяжки — III.

Определяем:

- а) внутренний диаметр D_1 , если бы в трубе прокладывалось только 10 проводников диаметром 8,2 мм по номограмме схема 16.Сх4, равен 41 мм;
 - б) внутренний диаметр D_2 , если бы в трубе прокладывалось только 12 проводников диаметром 5 мм по номограмме схема 16.Сх4, равен 27,9 мм;
 - в) действительный внутренний диаметр D , определенный по данной номограмме, равен 49,6 мм;
 - г) выбираем защитную трубу с условным проходом 50 мм.
- Номограмма приведена на основании РМ 4-6-84, часть 1.
Номограмма рассчитана по формуле, которая приведена выше.

Окончание схемы 16.Сх5

**Примечания:**

D_1 – расчетный по схеме 16.Сх4 внутренний диаметр защитной трубы для n_1 (двух и более) проводников одного диаметра d_1 , мм;

D_2 – расчетный по схеме 16.Сх4 внутренний диаметр защитной трубы для n_2 (двух и более) проводников одного диаметра d_2 , мм;

D – определяемый по данной схеме внутренний диаметр защитной трубы для всех проводников двух различных диаметров ($n_1 d_1 + n_2 d_2$).

Формула расчета: $D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}$.

Схема 16. Сх6

**Номограмма определения площади поперечного сечения короба
для прокладки проводников**

Номограмма предназначена для выбора размера поперечного сечения короба при прокладке проводников.

Слева нанесены три шкалы (шкала n), соответствующие коэффициенту заполнения короба — 0,6; 0,45 и 0,3 при укладке в короб от 1 до 100 проводников одного диаметра d или усредненного диаметра d_{cp} .

Справа на схеме нанесены три шкалы (шкалы d , d_{cp}), также соответствующие коэффициенту заполнения короба 0,6; 0,45 и 0,3 при укладке в короб проводников диаметра d и d_{cp} (в мм).

Посередине номограммы между шкалами n и d , d_{cp} нанесена шкала площадей поперечного сечения коробов (шкала S) в мм².

Чтобы определить по данной номограмме требуемое поперечное сечение S короба (по схеме пользования) необходимо провести прямую линию, которая соединяет точку на шкале n , соответствующую количеству проводников данного коэффициента заполнения (0,6; 0,45; 0,3), с точкой на шкале d , d_{cp} , соответствующей диаметру проводника того же коэффициента заполнения.

Точка пересечения этой линии со шкалой S укажет минимальный размер площади поперечного сечения короба.

По номограмме, имея заданный размер короба, можно определить максимальное число проводников диаметром d или d_{cp} , которое можно уложить в короб.

Расчетный размер короба следует увеличить до размера устанавливаемого короба, а число проводников можно уменьшать.

Пример по РМ4-6-84.

Требуется определить площадь поперечного сечения короба при сложной конфигурации трассы для прокладки:

- 60 проводов марки ПГВ-380 сечением $1 \times 4,0$ мм³;
- 20 проводов марки ПРТО сечением $2 \times 1,0$ мм²;
- 40 кабелей марки АКРНГ сечением $10 \times 2,5$ мм².

Решение:

а) принимаем коэффициент заполнения короба, равный 0,3;

б) определяем наружные диаметры проводников:

ПГВ-380 $1 \times 4,0 - 4,5$ мм;

ПРТО $2 \times 1,0 - 7,5$ мм;

АКРНГ $10 \times 2,5 - 19,5$ мм;

в) определяем усредненный диаметр проводников:

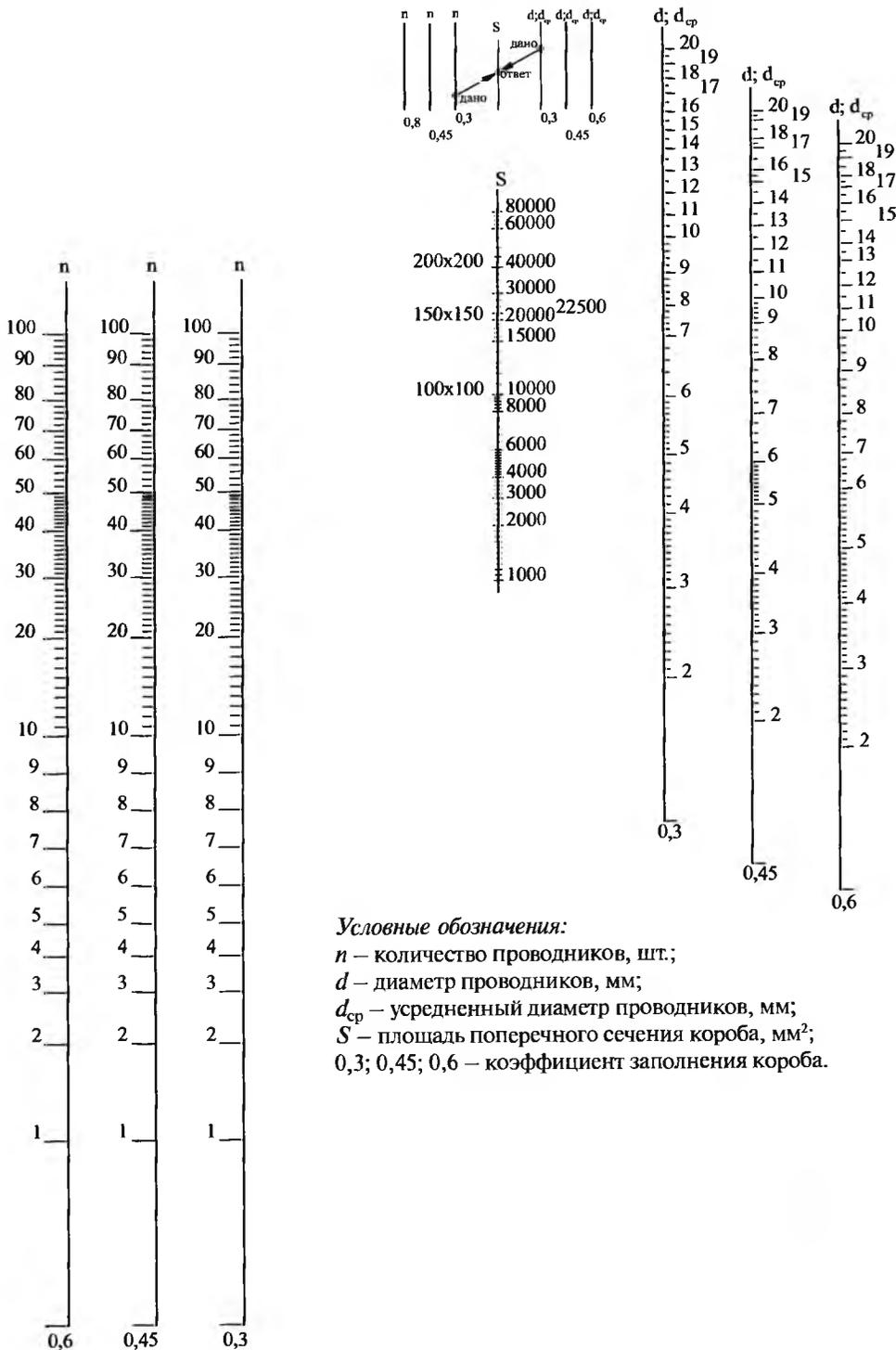
$$d_{cp} = \frac{60 \cdot 4,5 + 20 \cdot 7,5 + 40 \cdot 19,5}{60 + 20 + 40} = 10 \text{ мм}$$

г) общее количество проводников, прокладываемых в коробе, равно $40 + 60 + 20 = 120$ шт.

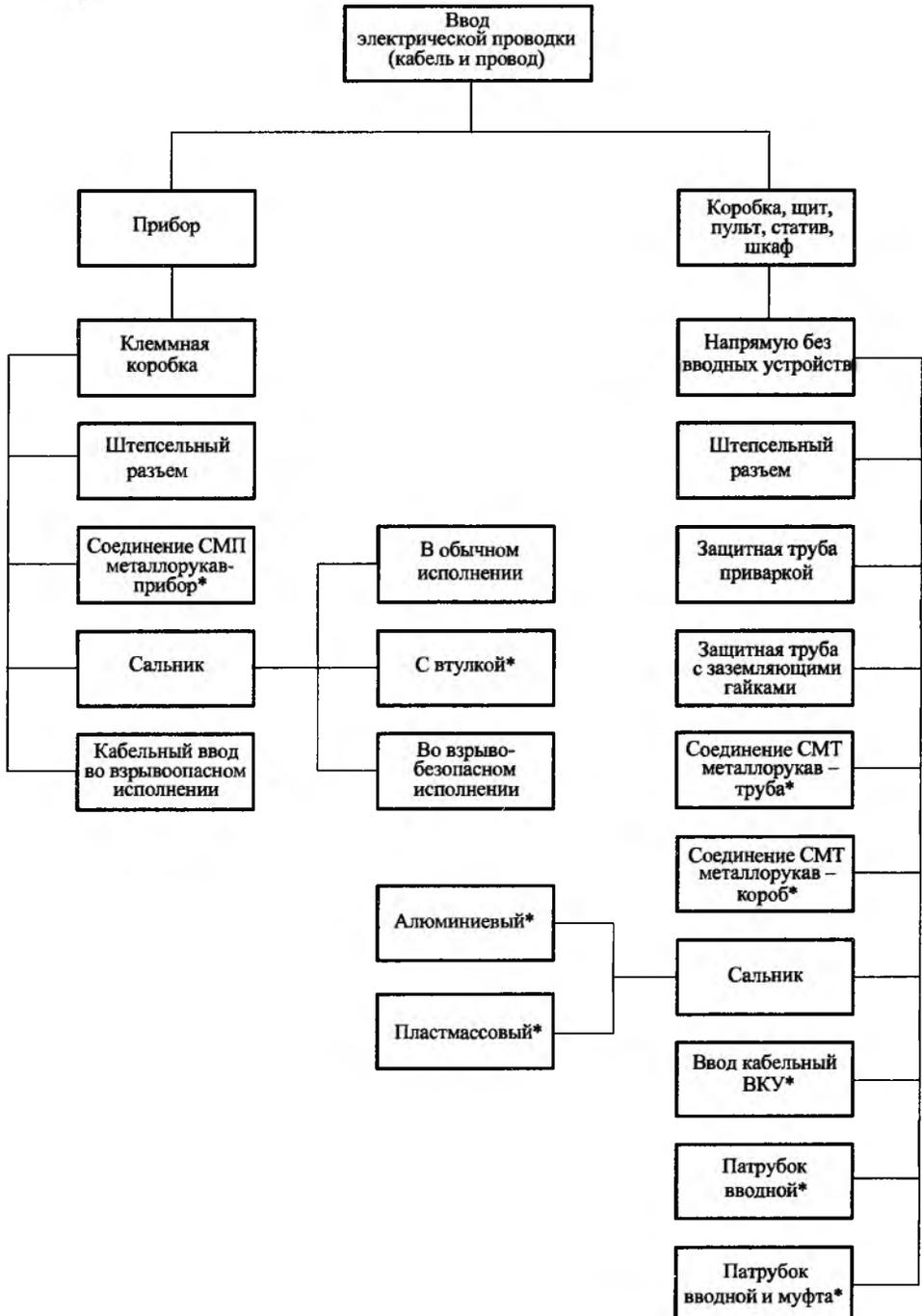
д) на номограмме проводим прямую линию, соединяющую точку, соответствующую количеству проводников (n), равному 120 (с экстраполяцией шкалы), при коэффициенте заполнения 0,3 с точкой, соответствующей усредненному диаметру проводников, равному 10 мм при том же коэффициенте заполнения. На шкале S получаем искомую площадь поперечного сечения короба $S = 40000$ мм².

Может быть применен короб размерами 200×200 мм.

Окончание схемы 16.Схб

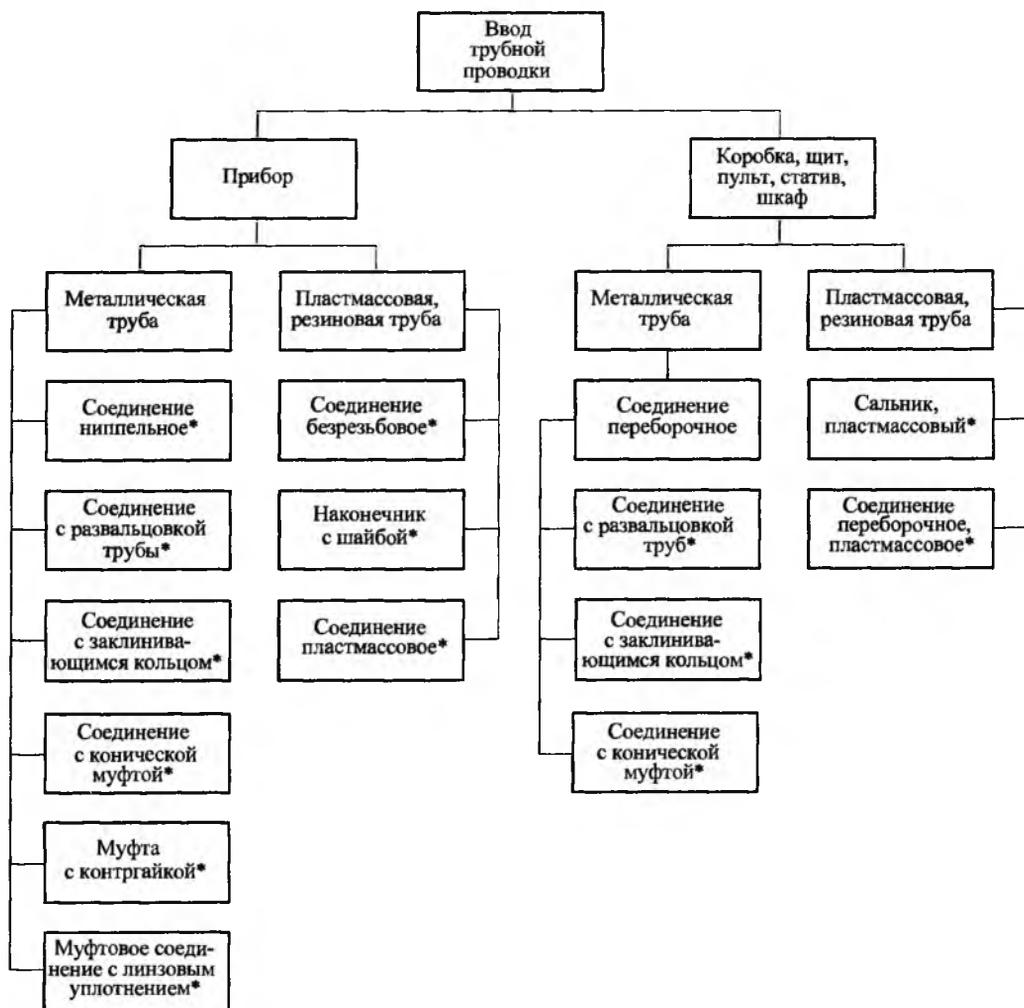


Виды вводов электрических проводов



* Рисунки некоторых вводов электрических проводов приведены на 16.Р1.

Виды вводов трубных проводок



* Рисунки вводов трубных проводок приведены на 16.P2.

Выбор электропроводки по ГОСТ Р 50571.15-97 (таблицы 52F, 52G, 52H)

№ п/п	Место прокладки провода, кабеля	Вид прокладки и кабеля						Справочный номер
		неизолиров. провод	изолиров. провод	изолир. пр. в защитн. об.	кабель	кабель в оболочке	кабель бронирован.	
0	Стена, кладка		○ ■		○ ■			01, 02, 04, 04А, 05, 05А
1	Открыто	△	○ △	+ + + + + ~	○	+ + + + + ~	+ + + + +	03, 03А, 18, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
2	Пустота, двойной пол, кладка		○ ■ ■	●	○ ■ ● ■	●		21, 22, 22А, 23, 23А, 25, 24, 24А
3	Короб		□		□			31, 31А, 32, 32А, 33, 33А, 34, 34А
4	Кабельный канал		□			□		41, 42, 43
5	Непосредственно в стене, кладке			+ ●		+ ●		51, 52, 53
6	Земля					○ ■ ●		61, 62, 63
7	Карниз, плинтус, дверная коробка, оконная рама		● ○		●	●		71, 72*, 73, 74
8	Вода					●		81

Способ монтажа провода или кабеля и его изображение

* сети РС

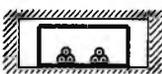
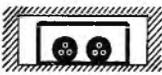
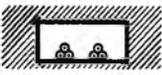
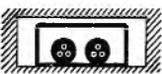
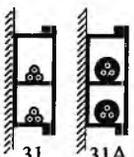
●	без крепления	~	на тросе
+	с непосредственным креплением	△	на изоляторе
○	в трубе	⊥	на лотке неперфорированном
□	в коробе	⊥	на лотке перфорированном
■	в специальном коробе	⊥	на кронштейне
□	в канале		

Таблица 16.Т2

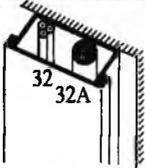
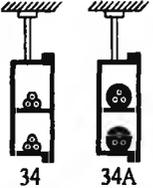
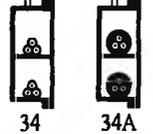
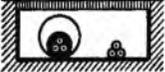
Примеры монтажа

Пример	Описание	Справочный номер
	Изолированные провода в трубах, заделанных в стенах	1
	Многожильные кабели в трубах, заделанных в стенах	2
	Изолированные провода в открыто проложенных трубах	3
	Одно- или многожильные кабели в открыто проложенных трубах	3A
	Изолированные провода в специальных коробах на стенах	4
	Одно- или многожильные кабели в специальных коробах на стенах	4A
	Изолированные провода в трубах в кладке	5
	Одно- или многожильные кабели в трубах в кладке	5A
	Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке и/или бронированные кабели одно- или многожильные: – на стене	11
		11A
	– на потолке	11A
	– на неперфорированных лотках	12
	– на перфорированных лотках	13
	– на кронштейнах, закрепленные горизонтально на стенах	14

Продолжение табл. 16.Т2

Пример	Описание	Справочный номер
	-- на клицах	15
	-- на лотках лестничного типа	16
	<i>Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке одно- или многожильные, подвешенные на тросе (струне) или имеющие несущий трос (струну)</i>	17
	Неизолированные или изолированные провода на изоляторах	18
	<i>Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке одно- или многожильные в пустотах строительных конструкций</i>	21
	Изолированные провода в пустотах строительных конструкций	22
	Кабели одно- или многожильные в трубах, в пустотах строительных конструкций	22А
	Изолированные провода в специальных коробах в пустотах строительных конструкций	23
	Кабели одно- или многожильные в специальных коробах в пустотах строительных конструкций	23А
	Изолированные провода в специальных коробах в кладке	24
	Кабели одно- или многожильные в специальных коробах в кладке	24А
	Кабели одно- или многожильные в оболочке: -- проложенные в пустотах потолка; -- в двойных полах	25
	<i>Изолированные провода, кабели одно- или многожильные в коробах на стене</i> -- проложенные горизонтально	31, 31А

Продолжение табл. 16.Т2

Пример	Обозначение	Справочный номер
	— проложенные вертикально	32, 32А
	Изолированные провода в коробах, утепленных заподлицо в стены или полы	33
	Кабели одно- или многожильные в коробах, утепленных заподлицо в стены или полы	33А
	Изолированные провода в подвешенных коробах	34
	Кабели одно- или многожильные в подвешенных коробах	34А
	Изолированные провода в трубах, проложенных в горизонтальных или вертикальных закрытых кабельных каналах	41
	Изолированные провода в трубах в вентилируемых кабельных каналах в полах	42
	Кабели в оболочке одно- или многожильные в горизонтальных или вертикальных открытых или вентилируемых кабельных каналах	43
	<i>Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке многожильные, заделанные непосредственно в стены</i>	51
	<i>Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке одно- или многожильные, заделанные непосредственно в кладку:</i> — без дополнительной механической защиты	52
	— с дополнительной механической защитой	

Окончание табл. 16.Т2

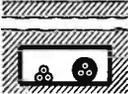
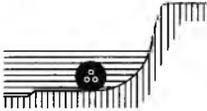
Пример	Описание	Ссылочный номер
	Кабели в оболочке одно- или многожильные в трубах или специальных коробах в земле	61
	Кабели в оболочке одно- или многожильные в земле:	
	– без дополнительной механической защиты	62
	– с дополнительной механической защитой	63
	Изолированные провода и кабели в карнизах	71
	Изолированные провода и кабели в плинтусных коробах *Место для кабелей связи и сетей ЭВМ	72
	Изолированные провода в трубах или кабели в оболочке одно- или многожильные, проложенные:	
	– в дверных коробках	73
	– в оконных рамах	74
	Кабели в оболочке одно- или многожильные, проложенные в воде	81

Таблица 16.Т3

Рекомендуемый вид прокладки электропроводок

Вид прокладки	Допускаемые кабели и проводки								
	Общепромышленная установка			Взрывоопасные зоны			Негазоопасные зоны		
	КБ	КГ	П	КБ	КГ	П	КБ	КГ	П
Труба защитная	—	4.22 4.23	4.3 4.19 ПВХ, Р	—	Все зоны	Все зоны	—	Все зоны	Все зоны
Короб с крышкой	—	4.22 4.23	4.3.3 4.3.4 4.19 ПВХ	В-Іа, В-Іб, В-Іг Зоны 1,2	В-Іа, В-Іб, В-Іг Зоны 1,2	В-Іг Зона 2	П-І, П-Іа П-ІІІ	П-І, П-Іа П-ІІІ	Все зоны
Канал	—	4.24	—	Все зоны	В-ІІ, В-Іаа Зоны 2І,22	—	—	—	—
Блок	—	4.24	—	В-Іг Зона 2	—	—	—	—	—
Лоток	4.22* 4.23*	4.22 4.23	4.3.3 4.19 ПВХ	Все зоны	В-Іб В-Іг Зона 2	—	П-І, П-Іа П-ІІІ	П-І, П-Іа П-ІІІ	—
Кабельная конструкция	4.22* 4.23*	4.22 4.23	—	Все зоны	В-Іб, В-Іаа, В-Іг Зоны 2,22	—	П-І, П-ІІ П-Іаа, П-ІІІ	П-І, П-Іа П-ІІІ	—
Кабельная, технологическая эстакада	—	4.24	—	В-Іг Зона 2	В-Іг Зона 2	—	П-ІІІ	П-ІІІ	—
Земля, траншея	4.25	4.25**	—	В-Іг Зона 2	—	—	П-ІІІ	П-ІІІ	—

* — При возможности механических повреждений;

** — Необходимо удовлетворить требования стандартов на кабель;

КБ — кабель бронированный;

КГ — кабель небронированный;

П — провод изолированный;

ПВХ — изоляция из поливинилхлорида;

Р — изоляция из резины.

Примечания:

1. В таблице приведены рекомендуемые виды прокладок по ВСН 205-84 «Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов». Для промышленных установок пункты инструкции указаны для каждого вида прокладки и типа кабеля (4.3, 4.3.3, 4.3.4, 4.19, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25).

Для взрывоопасных зон рекомендации соответствуют п. 6.20 «Инструкции», а для пожароопасных зон — п. 7.14; классы зон указаны для видов прокладки и типов кабелей.

2. ПУЭ допускает применение более широкого перечня видов и кабелей по сравнению с ВСН 205-84.

ПУЭ, таблица 7.3.14 допускает использование бронированных кабелей во всех взрывоопасных зонах при различных видах прокладок электропроводок. П. 7.3.126 ПУЭ допускает прокладку кабелей во взрывоопасных зонах в блоках, а п. 7.3.127 при необходимости разрешает прокладку в туннелях с выполнением определенных условий по отделению пространств туннеля от взрывоопасных зон.

Искробезопасные электрические цепи, присоединяемые к соответствующему электрооборудованию, прокладываются во взрывоопасных зонах с соблюдением требований п. 7.3.117 ПУЭ.

ПУЭ, п. 7.4.39 разрешает в отличие от «Инструкции» все виды прокладок кабелей и проводов в пожароопасных зонах любого класса.

Таблица 16.Т4

Наименьшее расстояние от проводов автоматизации до трубопроводов и строительных конструкций

Конструкции строительная, технологическая		Электрическая проводка				Трубная проводка	
		Открыто	Защитная труба	Короб, лоток	Кабельное сооружение	Металлические трубы	Пластмассовые трубы
Трубопровод технологический, водопровод	Пересечение	50	50	50	50	Согласовано с частью ТХ п. 5.3 РМ	
	Параллельно	100	100	100	100		
Трубопровод с ЛВЖ, ГЖ и газом	Пересечение	100	100	100	—	Согласовано с частью ТХ и Госнадзором п. 5.4 РМ	
	Параллельно	400	400	400	—		
Трубопровод с горячей средой до 100 °С	Пересечение	Необходимы меры по защите от высоких температур				Согласовано с частью ТХ п. 5.3 РМ	
	Параллельно						
Короб, проложенный параллельно		—	—	50	—	Возможность механической очистки	
Стена, колонна, стойка, эстакада и т. п.		Не нормируется	Не нормируется	50	Не нормируется	То же	
Потолок, перекрытие		Не нормируется	Не нормируется	300	300	То же	

Примечание. Таблица составлена на основании п.п. 4.32, 4.43, 4.57, 4.64, 4.71, 4.74 ВСН 205-84 и п.п. 5.3 и 5.4 РМ 4-6-92 (ч. 2).

Таблица 16.Т5

Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	В туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	В кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету между конструкциями при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По горизонтали между горизонтальными конструкциями*: — для силовых кабелей напряжением:		
до 10 кВ	200	150
20–35 кВ	250	200
110 кВ и выше	300**	250
— для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3×25 мм ² напряжением до 1 кВ	100	
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	800–1000	
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ***	Не менее диаметра кабеля	
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи***	Не нормируется	
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

Примечания:

* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

** При расположении кабелей треугольником 250 мм.

*** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

Данная таблица 16.Т5 повторяет таблицу 2.3.1 ПУЭ.

**Наименьшие расстояния между внутренними проводками и объектами сближения
(для справок)**

Объект сближения	Электрическая проводка			Трубная проводка	Силовой кабель до 10 кВ
	Открытая проводка	Защитная труба	Короб/лоток		
Трубопровод технологический, водопровод	+50, п. 2.1.56, = 100, п. 2.1.57, < 250 – дополнительная защита	+50, = 100, п. 4.57	+50, = 100, п. 4.43	Рекомендуется 500	500, т. 2.3.1, п. 2.3.134
Трубопровод с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями или газами	+100, п. 2.1.56, = 400, п. 2.1.57, < 250 – дополнительная защита	+100, = 400, п. 4.57	+100, = 400, п. 4.43	Рекомендуется 500	1000, т. 2.3.1, п. 2.3.134
Газопровод	+100, п. 2.1.56, = 400, п. 2.1.57, < 250 – дополнительная защита	+100, = 400, п. 4.57	+100, = 400, п. 4.43	Рекомендуется 500	1000, п. 2.3.134
Теплопровод	Защита от высокой t°, п. 2.1.56, п. 2.1.57	Защита от высокой t°, п. 4.57	Вне зоны температурного влияния	Рекомендуется 100 и защита от высокой t°	Кабель повышенной теплостойкости
Кабели АСУТП – открытая прокладка	Не нормируется, п. 2.1.55, + < 10 – дополнительная изоляция	Не нормируется	Вплотную, п. 2.1.60	*	100, п. 2.3.123
Кабели АСУТП – в коробе/лотке	Удобство обслуживания	Удобство обслуживания	Вплотную, п. 2.1.60, п. 4.40, п. 2.1.61, короб – % сечения	Пластмасса 150 п. 4.34	
Кабельная линия < 1 кВ	= 100, т. 2.3.1, влияние ЭМС, п. 4.33	Рядом, влияние ЭМС, п. 4.30		*	
Связь	Не нормируется		Удобство обслуживания	500	500, п. 2.3.86
Кабельные линии различных организаций	500, возможно уменьшение, п. 2.3.86			500, возможно уменьшение	500, возможно уменьшение п. 2.3.86

Стена, опорная конструкция	Непосредственно с подкладкой 10, т. 2.1.3 п. 2.1.37	100 п. 2.1.39	100 п. 2.1.39	Рекомендуется 50	10, п. 2.1.37, 100, п. 2.1.39
Потолок, перекрытие	Непосредственно с подкладкой 10, т. 2.1.3 п. 2.1.37	100 п. 2.1.39	300, удобство обслуживания	Рекомендуется 300	10, п. 2.1.37, 100, п. 2.1.39
Пол, площадка обслуживания	—	Не нормируется, дополнительная защита пластмассовых защитных труб			
Трубная проводка	п. 4.8, допускается пластмасса 150	+50, п. 2.1.56, = 100, п. 2.1.57, < 250 – дополнительная защита	+ 50, = 100, п. 4.43		

* +50, п. 2.1.56, = 100, п. 2.1.57, < 250 – дополнительная защита.

Примечания:

Требования к наименьшим и допустимым расстояниям между электрическими проводниками силовых, осветительных и вторичных цепей, в том числе цепей систем автоматизации и АСУТП изложены в разделе 2 ПУЭ, издание 6 (глава 2.1 и глава 2.3) и главе 4 (частично в главах 6 и 7) ВСН 205-84.

Некоторые неясности в требованиях не позволяют составить таблицу с рекомендуемыми расстояниями в электропроводках. В данной справочной таблице приведены ссылки на пункты ПУЭ и ВСН, в которых в той или иной мере освещены требования к расстояниям в электропроводках АСУТП.

Рекомендуется при разработке схемы расположения обратиться по данным, приведенным в таблице, к первоисточникам – нормативным документам ПУЭ и ВСН.

Номера пунктов по ПУЭ имеют обозначение, которое содержит № главы 2.1 или 2.3 и далее через точку порядковый номер – номер пункта в главе (например, 2.1.34 или 2.3.86). Таблицы 2.1.3 и 2.3.1 – обозначение по ПУЭ.

Номера пунктов по ВСН имеют обозначение, начинающееся с цифры 4, далее через точку – порядковый номер пункта (например, 4.43 или 4.57).

Наименьшие расстояния между наружными проводками и объектами сближения (для справок)

Объект сближения	Электрическая проводка			Трубная проводка	Силовой кабель до 10 кВ
	Открытая проводка	Защитная труба	Короб/лоток		
Трубопровод технологический, водопровод	+50, п. 2.1.56, = 100, п. 2.1.57, <250 – дополнительная защита	+50, = 100, п. 4.57	+50, = 100, п. 4.43	Рекомендуется 500	500, т. 2.3.1, п. 2.3.134
Трубопровод с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями или газами	+100, п. 2.1.56, = 400, п. 2.1.57, <250 – дополнительная защита	+100, = 400, п. 4.57	+100, = 400, п. 4.43	Рекомендуется 500	1000, т. 2.3.1, п. 2.3.134
Газопровод	+100, п. 2.1.56, = 400, п. 2.1.57, <250 – дополнительная защита	+100, = 400, п. 4.57	+100, = 400, п. 4.43	Рекомендуется 500	1000, п. 2.3.134
Теплопровод	Защита от высокой t° , п. 2.1.56, п. 2.1.57	Вне зоны температурного влияния		2000, п. 2.3.89, в земле	Кабель повышенной теплостойкости
Кабели АСУТП – открытая прокладка	Не нормируется, ограничения в применении п. 4.27, п. 4.29	Не нормируется	В лотке не рекомендуется	Смотри п. 4.34	Смотри п. 4.31, п. 4.32, п. 4.33
Кабели АСУТП – в коробе/лотке	п. 2.1.64	Удобство обслуживания	В лотке не рекомендуется	Пластмасса 150 п. 4.34	
Кабельные линии	<10 кВ	200, т. 2.3.1			200, т. 2.3.1
	20–35 кВ	250, т. 2.3.1			250, т. 2.3.1
	110–220 кВ	300, т. 2.3.1			300, т. 2.3.1

Связь	В земле 500, п. 2.3.86				В земле 500, п. 2.3.94
Кабельные линии различных организаций	В земле 500, п. 2.3.86	Необходимо согласование			В земле 500, п. 2.3.86
Опора ВЛ	5000, 1000, п. 2.3.93				5000, 1000, п. 2.3.93
Фундамент здания или сооружения	600, п. 2.3.85				600, п. 2.3.85
Крыша здания, крыша киоска, фургона...	2500, п. 2.1.75, 500, п. 2.1.75				2500, п. 2.1.75, 500, п. 2.1.75
Балкон	↓1000, →1500, ↑2500, п. 2.1.75				↓1000, →1500, ↑2500, п. 2.1.75
Окно	↓1000, →1500, ↑500, п. 2.1.75				
Стена, опорная конструкция	50, п. 2.1.77				50, п. 2.1.77
Выступающая часть здания	200, п. 2.1.79				200, п. 2.1.79
Трубная проводка	п. 4.34 допускается пластмасса 150				п. 4.34, допускается пластмасса 150
Ось железнодорожного пути, ось трамвайного пути	*				*
Автодорога (край, бровка) I и II категории	**				**
Древесные насаждения	2000, в земле, п. 2.3.87				2000, в земле, п. 2.3.87

Объект сближения	Электрическая проводка			Требная проверка	Силовой кабель до 10 кВ
	Открытая проводка	Защитная труба	Угроб./голова		
Кустарник	750, в земле п. 2.3.87				750, в земле п. 2.3.87
Земля	↑2750, от уровня земли, п. 2.1.75	Не допускается			↑2750, от уровня земли, п. 2.1.75

* ↑6000, п. 2.1.75, = 3250, п. 2.3.90 или 10750 (2750) п. 2.3.91.

** ↑6000, п. 2.1.75, ≠ 1000, п. 2.3.92 или ↓1000 п. 2.3.97.

Примечания:

Требования к наименьшим и допустимым расстояниям между электрическими проводниками силовых, осветительных и вторичных цепей, в том числе цепей систем автоматизации и АСУТП, изложены в разделе 2 ПУЭ, издание 6 (глава 2.1 и глава 2.3) и главе 4 (частично в главах 6 и 7) ВСН 205-84.

Некоторые неясности в требованиях не позволяют составить таблицу с рекомендуемыми расстояниями в электропроводах. В данной справочной таблице приведены ссылки на пункты ПУЭ и ВСН, в которых в той или иной мере освещены требования к расстояниям в электропроводах АСУТП.

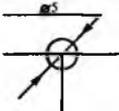
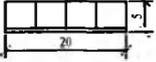
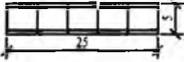
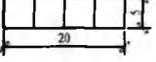
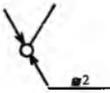
Рекомендуется при разработке схемы расположения обратиться по данным, приведенным в таблице, к первоисточникам – нормативным документам ПУЭ и ВСН.

Номера пунктов по ПУЭ имеют обозначение, которое содержит № главы 2.1 или 2.3 и далее, через точку – порядковый номер – номер пункта в главе (например, 2.1.34 или 2.3.86). Таблицы 2.1.3 и 2.3.1 – обозначение по ПУЭ.

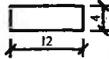
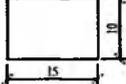
Номера пунктов по ВСН имеют обозначение, начинающееся с цифры 4, далее через точку – порядковый номер пункта (например, 4.43 или 4.57).

Таблица 16.Т8

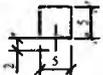
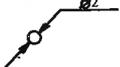
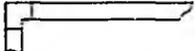
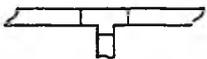
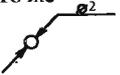
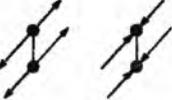
**Условные графические обозначения на схемах расположения оборудования
и проводов АСУТП по ГОСТ 21.408-93 и ГОСТ 21.614-88**

Наименование	Обозначение	Размер
Коробка ответвительная		
Коробка протяжная, ящик протяжной		
Шкаф, панель, пульт, щиток одностороннего обслуживания, пост местного управления		
Шкаф, панель двустороннего обслуживания		
Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания. Пример. Щит из 4 шкафов		
Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двустороннего обслуживания. Пример. Щит из 5 шкафов		
Щит открытый. Пример. Щит из 4 панелей		
Выключатель. Общее изображение		
Штепсельная розетка. Общее изображение		
Звонок		
Сирена, гудок, ревун		

Продолжение табл. 16.Т8

Наименование	Обозначение	Размер
Табло для вызова персонала: – один сигнал		
– на несколько сигналов		
Надписи и знаки рекламные		
Устройство пусковое для электродвигателей. Общее изображение		
Магнитный пускатель		
Автоматический выключатель		То же
Пост кнопочный: – на одну кнопку		
– на две кнопки		
– на три кнопки		
– с двумя светящимися кнопками		
– на две кнопки с двумя сигнальными лампами		

Продолжение табл. 16.Т8

Наименование	Обозначение	Размер
Переключатель управления		
Выключатель путевой		
Приборы и средства автоматизации: – отборные устройства, первичные измерительные преобразователи (датчики), встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы		
– внешние приборы, исполнительные механизмы, электроаппаратура и другое оборудование, устанавливаемое вне щитов		
Несущие конструкции (короба, мосты, лотки, трубные блоки и т. п.) на планах: – на прямолинейных участках		Ширина несущей конструкции – в масштабе чертежа расположения (возможно увеличение до 3 мм)
– на поворотах		То же
– при разветвлении		То же
– проводки (поток) уходят на более высокую отметку или приходят с более высокой отметки		То же 
– проводки (поток) уходят на более низкую отметку или приходят с более низкой отметки		То же
– проводки (поток) пересекают отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеют горизонтальных участков в пределах данного плана		То же
– проводки (поток) уходят на более высокую или более низкую отметку, охватываемую данным планом		То же

Окончание табл. 16.Т8

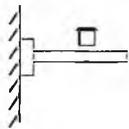
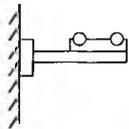
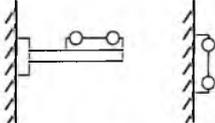
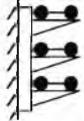
Наименование	Обозначение	Размер
Несущие и опорные конструкции (короба, мосты, лотки, трубные блоки, кабельные конструкции и т. п.) в разрезах: – коробка, горизонтальная прокладка по стене		Ширина несущей конструкции – в масштабе чертежа расположения (возможно увеличение до 3 мм)
– мосты, лотки, горизонтальная прокладка по стене		То же
– трубные блоки, горизонтальная и вертикальная прокладка на стене		То же
– кабельные конструкции, установка на стене		То же

Таблица 16.Т9

**Трубы стальные водогазопроводные, применяемые в качестве защитных труб
для электропроводок по ГОСТ 3262-75**

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки труб			Масса 1 м труб, кг		
		легких	обыкновенных	у и к.кап.г.х	легких	обыкновенных	у и к.кап.г.х
15	21,3	2,35	—	—	1,10	—	—
15	21,3	2,5	2,8	3,2	1,16	1,28	1,43
20	26,8	2,35	—	—	1,42	—	—
20	26,8	2,5	2,8	3,2	1,5	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4,0	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4,0	2,73	3,09	3,78
40	48,0	3,0	3,5	4,0	3,33	3,84	4,34
50	60,0	3,0	3,5	4,5	4,22	4,88	6,16
65	75,5	3,2	4,0	4,5	5,71	7,05	7,88
80	88,5	3,5	4,0	4,5	7,34	8,34	9,32
90	101,3	3,5	4,0	4,5	8,44	9,60	10,74
100	114,0	4,0	4,5	5,0	10,85	12,15	13,44

Примеры условных обозначений:

Труба обыкновенная, неоцинкованная, обычной точности изготовления, немерной длины, с условным проходом 20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, без резьбы и без муфты:

Труба 20 × 2,8 ГОСТ 3262-75

То же, с муфтой:

Труба М-20 × 2,8 ГОСТ 3262-75

То же, мерной длины, с резьбой:

Труба Р-20 × 2,8 – 4000 ГОСТ 3262-75

То же, с цинковым покрытием, немерной длины, с резьбой:

Труба Ц-Р-20 × 2,8 ГОСТ 3262-75

То же, с цинковым покрытием, мерной длины, с резьбой:

Труба Ц-Р-20 × 2,8 – 4000 ГОСТ 3262-75

Для труб под накатку резьбы в условном обозначении после слова «труба» указывается буква Н.

Для труб с длинной резьбой в условном обозначении после слова «труба» указывается буква Д.

Таблица 16.Т10

**Трубы стальные электросварные прямошовные,
применяемые в качестве защитных труб для электропроводок
по ГОСТ 10704-91**

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм			
	1,6	1,8	2,0	2,5
16	0,568	—	—	—
20	0,726	—	—	—
25	0,923	1,03	—	—
32	1,20	1,34	1,48	—
40	—	—	1,87	2,31
48	—	—	2,27	2,81
48,3	—	—	2,28	2,82
51	—	—	2,42	2,99
60	—	—	2,86	3,55
76	—	—	3,65	4,53
89	—	—	4,29	5,33
102	—	—	4,93	6,13

Примеры условных обозначений:

Труба с наружным диаметром 76 мм, толщиной стенки 3 мм, мерной длины, II класса точности по длине, из стали марки СтЗсп, изготовленная по группе В ГОСТ 10705-80:

$$\text{Труба } \frac{76 \times 3 \times 5000 \text{ II ГОСТ 10704-91}}{B - \text{СтЗсп ГОСТ 10705-80}}$$

То же, повышенной точности по наружному диаметру, длиной, кратной 2000 мм, I класса точности по длине, из стали марки 20, изготовленная по группе Б ГОСТ 10705-80:

$$\text{Труба } \frac{76 \times 3 \times 2000 \text{ кр. I ГОСТ 10704-91}}{B - 20 \text{ ГОСТ 10705-80}}$$

Труба с наружным диаметром 25 мм, толщиной стенки 2 мм, длиной, кратной 2000 мм, II класса точности по длине, изготовленная по группе Д ГОСТ 10705-80:

$$\text{Труба } \frac{25 \times 2 \times 2000 \text{ кр. II ГОСТ 10704-91}}{Д \text{ ГОСТ 10705-80}}$$

Таблица 16.Т11

Трубы напорные из полиэтилена, применяемые в качестве защитных труб для электропроводок по ГОСТ 18599-83

Тип трубы напорной из полиэтилена по ГОСТ 18599-83

Тип трубы	Номинальное давление, МПа (кг/см ²)
Л – легкий	0,25 (2,5)
СЛ – среднелегкий	0,4 (4,0)
С – средний	0,6 (6,0)
Т – тяжелый	1,0 (10,0)

Средний наружный диаметр (номин.)	Толщина стенки труб из полиэтилена низкого давления, мм; масса 1 м труб, кг; типов							
	Л		СЛ		С		Т	
	Толщина	Масса	Толщина	Масса	Толщина	Масса	Толщина	Масса
10	–	–	–	–	–	–	2,0	0,052
12	–	–	–	–	–	–	2,0	0,065
16	–	–	–	–	–	–	2,0	0,092
20	–	–	–	–	–	–	2,0	0,118
25	–	–	–	–	2,0	0,151	2,3	0,172
32	–	–	–	–	2,0	0,197	3,0	0,280
40	–	–	2,0	0,249	2,3	0,286	3,7	0,432
50	–	–	2,0	0,315	2,9	0,443	4,6	0,669
63	2,0	0,401	2,5	0,497	3,6	0,691	5,8	1,06
75	2,0	0,480	2,9	0,678	4,3	0,981	6,9	1,49
90	2,2	0,643	3,5	0,982	5,1	1,39	8,2	2,13
110	2,7	0,946	4,3	1,47	6,3	2,09	10,0	3,16

Примечания:

1. Теоретическую массу 1 м труб вычисляют при средней плотности 0,95 г/см³ с учетом половины допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр.

2. При изготовлении труб из полиэтилена плотностью, отличающейся от 0,95 г/см³, данные таблицы умножаются на коэффициент $K = 0,95$.

Окончание табл. 16.Т11

Средний наружный диаметр (номин.)	Толщина стенки труб из полиethylene высокого давления, мм; масса 1 м труб, кг; типов							
	Л		СЛ		С		Т	
	Толщина	Масса	Толщина	Масса	Толщина	Масса	Толщина	Масса
10	—	—	—	—	—	—	2,0	0,051
12	—	—	—	—	—	—	2,0	0,063
16	—	—	—	—	2,0	0,089	2,7	0,112
20	—	—	—	—	2,2	0,125	3,4	0,176
25	—	—	2,0	0,146	2,7	0,189	4,2	0,271
32	2,0	0,190	2,4	0,226	3,5	0,311	5,4	0,441
40	2,0	0,241	3,0	0,364	4,3	0,477	6,7	0,682
50	2,4	0,364	3,7	0,534	5,4	0,745	8,4	1,07
63	3,0	0,564	4,7	0,850	6,8	1,17	10,5	1,68
75	3,6	0,805	5,6	1,20	8,1	1,67	12,5	2,38
90	4,3	1,15	6,7	1,72	9,7	2,38	15,0	3,42
110	5,3	1,73	8,2	2,54	11,8	3,54	18,4	5,11

Примечание. Теоретическую массу 1 м труб вычисляют при средней плотности $0,92 \text{ г/см}^3$ с учетом половины допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр.

Таблица 16.Т12

Основные изделия, применяемые для монтажа труб

Наименование изделия	Тип	ГОСТ, ТУ
Муфты ТР	ТР-2 (У211) ТР-4 (У213) ТР-5 (У214) ТР-7 (У216) ТР-8 (У217)	ТУ36.1447-77
Муфты соединительные МС	МС-1 МС-2 МС-3	ТУ36.1096-76
Муфта прямая короткая		ГОСТ 8954-75
Патрубки вводные	У476 У477 У478 У479	ТУ36.1447-77
Гильзы Г	Г-15 Г-20 Г-25 Г-40 Г-50	ТУ36.1141-76
Заглушки трубные	У467 У468 У469 У470	ТУ36.1447-77
Гайки установочные заземляющие	К480 К481 К482 К484 К485	ТУ36.1447-77
Коробки протяжные, КП	КП 350 × 120 КП 450 × 120 КП 350 × 180 КП 450 × 180 КП 160 × 120 КП 250 × 120	ТУ36.2072-77
Коробки протяжные, ПК	ПК 200 × 90 ПК 300 × 90 ПК 430 × 90	ТУ36.1070-75
Соединители «металлорукав-труба»	СМТ 12 × 15 СМТ 15 × 20 СМТ 18 × 25	ТУ36.1125-75
Коробки	У994 У995 У996	ТУ36-УССР-15-69

Окончание табл. 16.Т12

Наименование изделия	Гмм	ГОСТ, ТУ
Коробки ответвительные	У75 У76 У77	ТУ36.1689-73
Контргайка		ГОСТ 8968-75
Скобы для крепления труб и кабелей СО	СО-14 СО-16	ТУ36.1086-76
Скобы однолапковые для крепления труб и кабелей СО	СО-22 СО-27 СО-34	ТУ36.1086-76
Скобы безлапковые для крепления двух труб или кабелей. БС	БС ₂ -22 БС ₂ -27 БС ₂ -34 БС ₂ -18	ТУ36.1086-76
Скобы двулапковые СД	СД-22 СД-27 СД-34 СД-48	ТУ36.1086-76
Хомуты для крепления трубопроводов	Хомут 15 25 30 35 50	ТУ36.1107-75
Бирка маркировочная БМ		ТУ36.1117-75
Втулки для оконцевания труб полуразъемные ВО	Д15 Д20 Д25 Д40 Д50	ТУ36.1127-74
Втулки уплотнительные для фиксации и уплотнения винипластовых труб	У292 У293	ТУ36.1727-74
Трубы с раструбом	У298-У300	ТУ36.1728-74
Муфты соединительные для соединения винипластовых труб	У438-У442	ТУ36.1728-74
Уголки соединительные для угловых соединений винипластовых труб	У280-У386	ТУ36.1728-74
Коробки протяжные для протяжки проводов и кабелей в винипластовых трубах	У272-У275	ТУ36.1729-74

Таблица 16.Т13

Категория сложности протяжки проводки через защитную трубу

Количество изгибов на участке	Допустимая длина трубных проводков в зависимости от категории сложности протяжки, м		
	I	II	III
—	75	60	50
Один	50	40	30
Два	40	30	20
Три	20	15	10

Примечания:

1. Число изгибов указано для защитного трубопровода между протяжными коробками или электрофитингами.
2. При большом числе изгибов на участке защитного трубопровода следует уменьшить длину участка, установив дополнительную коробку или электрофитинг.
3. Таблица составлена на основании РМ 4-6-89, часть 1.

Таблица 16.Т14

Формулы расчета диаметра защитного трубопровода

Количество проводников в защитной трубе	Категория сложности		
	I	II	III
Один (1)	$D \geq 1,65 d$	$D \geq 1,4 d$	$D \geq 1,25 d$
Два (2)	$D \geq 2,7 d$	$D \geq 2,5 d$	$D \geq 2,4 d$
Более двух	$D \geq 1,75 \sqrt{nd^2}$	$D \geq 1,58 \sqrt{nd^2}$	$D \geq 1,49 \sqrt{nd^2}$

Примечания:

- n — количество проводников, шт;
 d — диаметр проводников, мм;
 D — внутренний диаметр защитных труб, мм.
- Таблица составлена на основании РМ 4-6-89, часть 1.

Таблица типовых монтажных чертежей ассоциации «Монтажавтоматика» проходов проводов трубных и электрических через строительные ограждающие конструкции

Проход проводок	Проводка		Конструкция строительная ограждающая														
			Конструкция в старая					Конструкция в старая									
			Металлическая тонкостенная	Перегородка		Стена со швом температуры осадочным	Перекрытие		Кровля	Стена, перегородка, в перекрытие							
толщиной менее 300 мм	толщиной более 300 мм																
Открытый	Трубная	Одиночная	01			02	05	07									
		Групповая							06								
	Электрическая	Одиночная								03	05	07					
		Групповая															
		Защит. труба											06	08			
		Лоток															
Короб	04																
Уплотненный	Трубная	Одиночная	12, 13, 14	14	—	(17), 10	07										
		Групповая	—	08													
	Электрическая	Одиночная	11	09 (30)	25	10, (17)	07										
		Групповая	27	22	24	10, (17)	08										
		Защит. труба						13	16	18							
		Лоток						—	19	20							
Короб	15	21						22									
Огнестойкий	Трубная	Одиночная	—	16	—	17	27										
		Групповая						22									
	Электрическая	Одиночная							30	25	17	27	—				
		Групповая															
		Защит. труба												16	18	24	22
		Лоток												19	20	17	
Короб	21	22	28	—													

Примечание. Обозначение типового монтажного чертежа прохода через ограждающие строительные конструкции трубных и электрических проводов содержит данные о виде типовых монтажных чертежей (ТМ 14–29), порядковому номеру чертежа данного вида (01–30), года выпуска чертежа (94) – например, ТМ 24–29–26–94 «Проход электрических проводов из помещения в траншею ниже отметки 0,0». В данной таблице указаны (с целью уменьшения значности обозначения) только числа (01–30), соответствующие номеру чертежа данного вида.

Таблица 16.Т16

**Перечень типовых монтажных чертежей АООТ «Монтажавтоматика»
проходов трубных и электрических проводов через ограждающие
строительные конструкции**

Наименование	Обозначение
Открытый проход проводов через стены и перегородки без температурных или осадочных швов	ТМ14-29-01-94
Открытый проход трубных проводов через стены и перегородки с температурными или осадочными швами	ТМ14-29-02-94
Открытый проход проводов и кабелей через стены перегородки с температурными или осадочными швами	ТМ14-29-03-94
Открытый проход коробов через стены и перегородки с температурными или осадочными швами	ТМ14-29-04-94
Открытый проход одиночных трубных, электрических проводов или ВОЛС через перекрытия	ТМ14-29-05-94
Открытый проход групповых проводов через перекрытия	ТМ14-29-06-94
Проход одиночных трубных, электрических проводов через ограждающие строительные конструкции из горючих материалов	ТМ14-29-07-94
Проход групповых трубных, электрических проводов через ограждающие строительные конструкции из горючих материалов	ТМ14-29-08-94
Уплотненный проход одиночных электрических проводов через стены и перегородки с применением сальников	ТМ14-29-09-94
Уплотненный проход одиночных электрических проводов через перекрытия с применением сальников	ТМ14-29-10-94
Уплотненный проход одиночных электрических проводов или ВОЛС через металлические ограждающие конструкции	ТМ14-29-11-94
Уплотненный проход одиночных трубных проводов через металлические ограждающие конструкции с использованием переборочных соединителей	ТМ14-29-12-94
Уплотненный проход одиночных водогазопроводных труб через металлические ограждающие конструкции	ТМ14-29-13-94

Окончание табл. 16.Т16

Наименование	Обозначение
Уплотненный проход одиночных пластмассовых труб пневмоавтоматики через металлические ограждающие конструкции	ТМ14-29-14-94
Уплотненный проход коробов через тонкостенные ограждающие металлические конструкции	ТМ14-29-15-94
Уплотненный огнестойкий проход трубных проводок через стены и перегородки	ТМ14-29-16-94
Уплотненный огнестойкий проход одиночных трубных, электрических проводок через перекрытия с пределом огнестойкости 1,5 часа	ТМ14-29-17-94
Уплотненный огнестойкий проход групповых электрических проводок через стены толщиной более 300 мм	ТМ14-29-18-94
Уплотненный огнестойкий проход групповых электрических проводок через стены толщиной менее 300 мм	ТМ14-29-19-94
Уплотненный огнестойкий проход групповых электрических проводок через стены толщиной более 300 мм с пределом огнестойкости 1,5 часа	ТМ14-29-20-94
Уплотненный огнестойкий проход электрических проводок, напорных труб и пневмокабелей в коробах стальных через стены	ТМ14-29-21-94
Уплотненный огнестойкий проход электрических проводок через перекрытия с пределом огнестойкости 1,5 часа или 0,75 часа	ТМ14-29-22-94
Проход электрических проводок из помещения в траншею ниже отметки 0,0	ТМ14-29-26-94
Уплотненный проход одиночных электрических проводок через кровлю с применением сальников	ТМ14-29-27-94
Уплотненный огнестойкий проход электрических труб и пневмокабелей в коробах стальных через перекрытия	ТМ14-29-28-94
Уплотненный огнестойкий проход электрических проводок, напорных труб и пневмокабелей в коробах стальных через стены с температурным или осадочным швом между стенами	ТМ14-29-29-94
Уплотненный огнестойкий проход одиночных трубных, электрических проводок через стены и перегородки	ТМ14-29-30-94

Таблица 16.Т17

Наименьшие размеры защитных (заземляющих) проводников

Проводники	Медные	Алюминиевые	Стальные		
			В зданиях	В наружных установках	В земле
Неизолированные проводники: сечение, мм ²	4	6	—	—	—
диаметр	—	—	5	6	10
Изолированные провода: сечение, мм ²	1,5*	2,5	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами: сечение, мм ²	1	2,5	—	—	—
Угловая сталь: толщина полки, мм	—	—	2	2,5	4
Полосовая сталь: сечение, мм ²	—	—	24	48	48
толщина, мм	—	—	3	4	4
Водогазопроводные стальные трубы: толщина стенки, мм	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные стальные трубы: толщина стенки, мм	—	—	1,5	2,5	Не допускается

Примечания:

* При прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников допускается применять равным 1 мм², если фазные проводники имеют то же сечение.

Таблица соответствует таблице 1.7.1 ПУЭ.

Основные виды защитного заземления средств и элементов автоматизации и АСУТП

Объект защитного заземления	Узел заземления	Защитный проводник		Передача			Заземление	
		Жила с наконечником	Сталь	Внутренняя	Со щитом пучком, СК	С металлоконструкцией	С двух сторон	С одной стороны
Щит, пульт, электроприемник	+	+	+					
Электроприемник с вибрацией	+					+ Медь		
Рама щита (щитов)	+		+	+ Сталь				
Металлические: оболочка, броня, оплетка, экран	+				+ Медь		+	
Кабельная конструкция стальная					+ Сталь	+ Сталь	+	
Кабельная конструкция оцинкованная					+ Медь	+ Медь	+	
Соединительная, клеммная коробка	+	+						
Опорная конструкция			+		+		+	
Короб, лоток, мост			(+)		+ Начало	(+)Медь* + конец по месту		
Ответвление от основной трассы						+		+ В конце ответвления
Защитная труба стальная					+ Начало сталь, медь	+ Конец сталь, медь	+	
Металлический рукав						+		+
Трос, струна							+	

* Медь с опорной конструкцией.

Таблица составлена на использовании материалов РМ 14-11-95.

ГЛАВА 17. ОБЩИЙ ВИД ЩИТА, ПУЛЬТА

	Лист
17.1. Назначение щита, пульта	17-1
17.2. Терминология щитовой продукции	17-1
17.3. Выбор щита, пульта.	17-3
17.4. Требования к щиту	17-4
17.4.1. Функциональные требования к щиту	17-4
17.4.2. Требования применимости и использования щита	17-5
17.4.3. Требования надежности	17-7
17.4.4. Требования по производительности	17-7
17.4.5. Требования пригодности к эксплуатации	17-7
17.5. Эскизный чертеж общего вида щита.	17-8
17.5.1. Общий вид единичного щита	17-9
17.5.2. Общий вид составного щита	17-10
17.5.3. Спецификация щита	17-11
17.5.4. Меры по защите от конденсата	17-12
17.5.5. Создание микроклимата в щите	17-12
17.6. Организация разработки чертежа общего вида щита	17-13
17.6.1. Процедуры разработки чертежа	17-13
17.6.2. Обозначение в схемах	17-20
А. Обозначение кабелей	17-20
Б. Маркировка аппаратуры щита.	17-20
В. Маркировка цепей щита ПЛК.	17-21
17.6.3. Прилагаемые схемы	17-22
17.7. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	17-25
17.8. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	17-26

Перечень рисунков

17.P1. Перечень аппаратуры на панели (форма)	17-27
17.P2. Надписи в рамках/световых табло (форма)	17-27
17.P3. Спецификация щита (форма)	17-27

Перечень схем

17.Cx1. Структура щитовой продукции	17-28
17.Cx2. Состав эскизного чертежа общего вида щита по ГОСТ 21.408—93	17-29
17.Cx3. Вид спереди и вид на внутренние плоскости единичного щита	17-30
17.Cx4. Общий вид составного щита	17-32
17.Cx5. Схема электрического питания щита ПЛК	17-33
17.Cx6. Схема соединений и подключений контроллера ПЛК	17-37
17.Cx7. Схема подключения процессорных модулей и источников питания щита ПЛК11	17-43
17.Cx8. Схема соединения и подключения сети PROFIBUS-DP щита ПЛК11	17-44

Перечень таблиц

17.T1. Распределение объектов контроля и управления по модулям ввода/вывода и повторителям, установленным в шкафу контроллера ПЛК	17-46
17.T2. Перечень аппаратуры и щитовой продукции ПЛК	17-47
17.T3. Таблица соединений контроллера щита ПЛК	17-50
17.T4. Маркировка изделий поставки изготовителя	17-55
17.T5. Маркировка цветная (расцветка) проводников цепей АСУТП	17-58
17.T6. Коэффициенты свободной общей и эффективной теплообменной площади щита шкафного	17-59

17.1. НАЗНАЧЕНИЕ ЩИТА, ПУЛЬТА

В современных условиях широкое развитие техники информации (видеодисплейные, проекционные устройства, экраны персональных компьютеров, принтеры, плоттеры, графопостроители, факсимильные аппараты и т. д.) в определенной степени изменило взгляд на щиты и пульты как связующее звено между технологическим объектом управления и оперативным персоналом системы управления.

Вместе с тем многие аппараты информационной технологии встраиваются в автоматизированное место оператора АРМ, в конструктивы щитов и пультов; большинство аппаратов питания и вспомогательной аппаратуры размещается в различного вида щитах и пультах.

По назначению щиты подразделяются на:

– **местный**, на котором монтируется аппаратура для контроля, сигнализации и управления определенной частью технологического процесса и который размещается непосредственно вблизи технологической установки;

– **агрегатный**, на котором установлена аппаратура контроля и управления одним (несколькими однотипными технологическими агрегатами или установками – печь, котел, дизель-генератор и т. п.) и которые расположены в одном помещении;

– **блочный**, на котором размещена аппаратура контроля, сигнализации и управления несколькими взаимосвязанными агрегатами комплексной установки и который установлен в особом помещении;

– **центральный** – для контроля и управления технологическим процессом предприятия или его составной части (цеха, производства) и который скомпонован в диспетчерском (как правило) помещении;

– **вспомогательный** – для установки неоперативных средств автоматизации (средств учета, релейных и защитных устройств, устройств и элементов питания) и который устанавливается в различных помещениях, где это целесообразно для эксплуатации.

Все виды щитов могут иметь конкретные наименования – щит манометров, щит мельника, щит котла, щит оператора отделения размола, щит оператора цеха спекания, щит диспетчера производства соды, щит питания установки сгущения, щит учета газораспределения и т. д.

Щиты бывают также единичные или составные, которые состоят из нескольких единичных щитов и вспомогательных конструкций.

17.2. ТЕРМИНОЛОГИЯ ЩИТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Щит (по ОСТ 36.13-90) – объемная или плоская конструкция, предназначенная для размещения на вертикальной плоскости средств автоматизации СА и вычислительной техники СВТ и для выполнения функции предоставления оперативному и обслуживающему персоналу информации о состоянии объекта управления и выполнения воздействий на ход технологического процесса этого объекта.

Корпус пульта (по ОСТ 36.13-90) то же, что щит, но при размещении СА и СВТ на горизонтальной или наклонной плоскости.

Щит и **пульт** – обобщенные понятия конструкций, используемых для установки средств автоматизации и вычислительной техники, как на внешних их сторонах, так и внутри. Щит и пульт служат для размещения аппаратов визуализации входной информации и аппаратов управления на лицевой панели или столешнице.

Структура щитовой продукции представлена на схеме 17.Сх1.

Щитовая продукция использует различные конструктивы:

- раму опорную;
- каркас;
- панель;
- дверь;
- стенку;
- крышку/дно.

На комбинации некоторых конструктивов создаются комплектные изделия – щиты и пульта.

Отмеченные на схеме изделия могут дополняться поворотной и стационарной рамой, деталями для установки и монтажа средств автоматизации и вычислительной техники, арматуры, установочных изделий и электрических и трубных проводок.

По ОСТ 36.13-90 щитовая продукция имеет терминологию, пояснение которой приведено ниже.

Каркас – жесткий, несущий, объемный или плоский металлический остов, предназначенный для установки на нем панелей, стенок, дверей, крышек, поворотных или стационарных рам, деталей для монтажа приборов, аппаратов, арматуры, установочных изделий, электрической и трубной проводок.

Шкаф – объемный каркас на опорной раме с установленными на нем панелью, стенками, дверьми, крышкой, дном.

Шкаф предназначен для установки на полу или перекрытии; шкаф имеет высоту от 1800 до 2200 (иногда 2400) мм.

Шкаф малогабаритный – объемный каркас с установленными на нем панелью, стенками, дверью, крышкой, дном.

Малогабаритный шкаф предназначен для крепления на стене, колонне или установке на подставке.

Малогабаритный шкаф имеет высоту от 500 до 1000 мм, ширину – 400, 600 мм, глубину от 250 до 500 мм.

Некоторые фирмы выпускают малогабаритные щиты малых размеров.

Панель с каркасом – объемный каркас на опорной раме с установленной на нем панелью.

Стойка – объемный или плоский каркас на опорной раме.

Щит шкафной – шкаф с установленными приборами, аппаратами, арматурой, установочными изделиями, электрическими и трубными проводками, подготовленными к подключению внешних цепей.

Щит шкафной малогабаритный – то же, что щит шкафной, но на базе малогабаритного шкафа.

Статив – стойка с объемным каркасом с установленными приборами, аппаратами, арматурой, установочными изделиями, электрической и трубной проводками, подготовленными к подключению внешних цепей.

Статив плоский – стойка с плоским каркасом с установленными приборами, аппаратами, арматурой, установочными изделиями, с электрической и трубной проводками, подготовленными к подключению внешних цепей.

Пульт – корпус пульта с установленными приборами, аппаратами, арматурой, установочными изделиями, с электрической и трубной проводками, подготовленными к подключению внешних цепей.

Кроме приведенных щитовых изделий для оформления многопанельных щитов выпускаются вспомогательные панели, панели с дверью, угловые вставки.

17.3. ВЫБОР ЩИТА, ПУЛЬТА

Выбор щита или пульта производится с учетом следующего:

- назначения щита/пульта;
- вида, количества, размеров средств автоматизации и средств вычислительной техники, которая устанавливается на панели или на столешнице;
- то же, устанавливаемой на обратной стороне панели или внутри щита/пульта;
- места расположения щита или пульта в производственном или специальном помещении (с учетом техники безопасности);
- места расположения щита или пульта по воздействию окружающей среды;
- наличия стандартизированного комплектного щита/пульта удовлетворяющего функциям и назначению проектируемого щита; например, щит автоматизации вентиляционной камеры; щит автоматизации канализационной насосной станции и др.;
- предполагаемого или выбираемого проектировщиком изготовителя щита/пульта с учетом технических возможностей изготовителя и стоимости изготовления щита/пульта.

Технические возможности фирмы изготовителя щита/пульта включают:

- наличие группы конструкторов по разработке монтажных схем соединений и схем подключений щитов и пультов;
- широкую гамму конструктивов щитов и пультов по типоразмерам и климатическому исполнению;
- возможности в комплектации щитов и пультов электротехническим и пневматическим оборудованием и техникой сигнализации и управления;
- сроки разработки конструкторской документации на нестандартизированный щит и пульт;
- сроки изготовления и поставки на объект управления щита или пульта;
- возможность осуществления 19", метрического и электротехнического монтажа в одном щите;
- опыт в монтаже средств автоматизации и вычислительной техники в щите или пульте;
- действие системы качества изготовления щитовой продукции.

Выбранный исполнитель располагает, как правило, номенклатурой средств контроля, сигнализации, управления, электротехнического оборудования (реле, автоматические выключатели, устройства перенапряжения и др.) и монтажных щитовых изделий (клеммники, рейки, зажимы и т. п.).

Проектировщику следует проанализировать предлагаемую изготовителем щита или пульта номенклатуру и при возможности максимально использовать ее в разработке принципиальных, электрических и пневматических схем, схем автоматизации.

При необходимости применения не включенных в номенклатуру средств, аппаратов и элементов, последние необходимо определенным образом отметить в документах на изготовление щита/пульта (в разделе «прочие изделия») и в спецификации.

17.4. ТРЕБОВАНИЯ К ЩИТУ

Оперативный щит в системе автоматизации является «лицом системы». В АСУТП щит не утратил своей роли наряду с АРМ и персональным компьютером.

Разработке общего вида щита необходимо уделять особое внимание. Это наиболее актуально при разработке щита оператора или щита противоаварийной защиты, т. е. того щита, на котором размещаются аппараты сигнализации, визуализации, вторичные показывающие и самопишущие приборы, приборы учета, ключи управления и т. п.

К щиту предъявляются требования подобные тем, которые изложены в главе 5, разделы 5.1–5.8 пособия и соответствуют категориям требованиям FURPS⁺:

- функциональность;
- применимость, в том числе удобство и безопасность;
- надежность;
- производительность;
- пригодность к эксплуатации.

17.4.1. Функциональные требования к щиту

Функциональные требования к щиту определяются сложившейся ранее или проектируемой технологией объекта управления в пределах действия щита.

Аппаратура щита должна в общем случае обеспечить функционирование задач, которые предусмотрены структурными и принципиальными электрическими (пневматическими, гидравлическими) схемами в пределах обслуживания технологического процесса.

Это задачи:

- визуальная предупредительная сигнализация;
- визуальная аварийная сигнализация;
- визуальная распорядительная сигнализация;
- визуализация состояния аппаратов и механизмов;
- показание измеренных технологических и электрических величин процесса;
- регистрация указанных величин;
- запись указанных величин;
- учет количества во времени некоторых величин;
- управление элементами сигнализации (снятие звукового или мигающего сигнала, опробование цепей сигнализации и т. п.);

- управление технологическими и электрическими механизмами и аппаратами;
- управление защитными блокировками и действиями;
- ввод командной и технологической информации в систему;
- регулирование параметров технологического процесса (программное, автоматическое, дистанционное).

Аппаратура на щите должна размещаться в последовательности, соответствующей ходу технологического процесса. В Российской Федерации принята последовательность слева направо и сверху вниз. Такое размещение возможно как на единичном щите, так и на многопанельном составном щите. В последнем случае каждая панель может отображать конкретную часть технологического процесса или конкретный агрегат. Аналогичные участки или агрегаты технологического процесса отображаются на аналогичных панелях составного щита.

Средства отображения и управления одного участка, агрегата размещаются по вертикали, а средства отображения или управления для однотипных параметров размещаются по горизонтали.

Наиболее ответственные для ведения технологического процесса средства отображения и управления следует размещать в середине многосекционного щита. Так же можно группировать средства системы противоаварийной защиты ПАЗ, однако предпочтительнее средства ПАЗ сосредоточить на одной или нескольких панелях, установленных в местах удобных и безопасных для обслуживания.

17.4.2. Требования применимости и использования щита

В требования применимости входят требования удобства и безопасности.

Требования удобства обеспечиваются выполнением требований эргономики (отрасли знания, изучающей человека и его деятельность в условиях современного производства в целях оптимизации условий труда).

К требованиям эргономики в отношении щита относятся требования к размещению различных средств автоматизации по высоте панели, к расстоянию между отдельными аппаратами и устройствами по высоте и горизонтали, к расстоянию от плоскости щита до глаз оператора, находящегося на рабочем месте за пультом (сидя или стоя), к освещенности и блескости поверхности щита и аппаратуры, к соответствию направления движения указателя прибора и движения (перемещения) органа управления (при вращении или линейном передвижении).

Некоторые требования удовлетворяются выбором аппаратов и устройств, устанавливаемых на фасадной панели, выбором типа щита и его размещением в помещении, организацией искусственного и естественного освещения в помещении установки щита.

При проектной компоновке щита следует внимательно проанализировать минимальные допустимые расстояния:

- между отдельными средствами автоматизации, вычислительной и информационной техники, аппаратами управления;
- от основания щита (от пола) до устанавливаемых на панели средств, аппаратов и устройств.

Рекомендуется **на фасадной стороне** панели щита устанавливать на расстояниях от основания щита (в мм):

– показывающий прибор –	800–1100
– сигнальная аппаратура –	800–2100
– самопишущий прибор –	900–1600
– прибор учета –	700–2000
– регулятор –	900–1500
– контроллер –	900–1600
– аппаратура управления (ключи, кнопки и т. п.) –	(800–1600) 900–1500
– мнемосхемы –	1000–2000
– вспомогательная аппаратура	100–1800

Непосредственно около органов управления, приборов и других устройств (кроме световых табло) предусматриваются рамки с надписями о назначении аппаратов и производимых ими действиях («включить», «стоп», «закрыть», «дистанционное управление» и т. п.).

Расстояние между аппаратами и приборами, боковыми стенками, крышкой и нижним краем щита по высоте и по ширине щита для свободного открывания крышек без их повреждения друг от друга, для захвата рукой органа управления, для подключения электрических (и трубных) проводок необходимо устанавливать с определенным воздушным зазором, зависящим от периметра безопасности каждого из смежных аппаратов и/или приборов. Размер безопасности или размер приближения аппарата или прибора должен устанавливаться по техническим данным завода-изготовителя.

К сожалению, подобные данные в каталогах, инструкциях по монтажу и эксплуатации, руководствах по эксплуатации приводятся не всеми изготовителями аппаратов, а содержатся лишь габаритные размеры и разметка под вырезы на щите.

С другой стороны, в настоящее время многие аппараты (особенно вспомогательного назначения) предназначаются для установки на ДИН-рейку, т. е. вплотную друг к другу по длине рейки.

На внутренних сторонах щита рекомендуется устанавливать аппаратуру в пределах расстояний в мм по высоте от основания щита:

– выключатель, предохранитель	1000–1700
– трансформатор, источник питания, преобразователь питания	1700–2000
– преобразователь интерфейсов	600–1900
– контроллер	900–1600
– реле	600–1900
– опторазвязка	350–1900
– ограничитель напряжения	350–600
– сборка зажимов горизонтальная кабельная	350–800
– сборка зажимов вертикальная кабельная	250–2000
– сборка зажимов вертикальная для внутренних проводок	350–1900
– узел заземления (шина)	100–200
– редуктор, фильтр	500–1500

При размещении аппаратов и сборок зажимов в щите необходимо учитывать выступающие части аппаратуры, расположенной на фасадной стороне панели щита (на столешнице пульта).

Обращаем внимание, что аппаратура с большим тепловыделением (например, трансформатор) располагается в верхней части шкафа во избежание перегрева всего оборудования.

Не следует устанавливать электроаппаратуру и средства автоматизации, которые имеют электрическое питание, совместно с приборами, к которым подводится жидкость (измерительная или разделительная) во избежание аварийной ситуации из-за протечи трубной проводки. Возможна установка прибора с подводимыми трубными проводками на смежных панелях с электрооборудованием, которые отделены друг от друга непроницаемой перегородкой; в крайнем случае, при неизбежности совмещения средств различных видов необходимо вынести за пределы щита запорную и продувочную арматуру.

Рекомендуется при компоновке шкафа определить номенклатуру аппаратов и устройств, согласовать минимально допустимые расстояния между ними и конструктивами щита с фирмой-изготовителем щита. Фирма-изготовитель имеет данные размеры по большому спектру оборудования, примененного в АСУТП. При отсутствии необходимых данных их следует запросить у фирм-производителей конкретного оборудования АСУТП.

Требования безопасности выполняются проработкой системы заземления щита, кабельных и трубных подводок к нему. Кроме того, щит должен быть оборудован узлом заземления и проектируемой шиной заземления оборудования щита (раздел 16.10 главы 16).

17.4.3. Требования надежности

Щит как нетиповое изделие должен отвечать требованиям надежности, которые предусмотрены техническими условиями на изготовление щита данной фирмой-изготовителем щита при обеспечении соответствующих условий эксплуатации изделия.

17.4.4. Требования по производительности

Эти требования не применяются к щитовой продукции.

17.4.5. Требования пригодности к эксплуатации

Проектировщик выбирает место установки щита, его расположение в специальном помещении с кондиционированием, в отапливаемом или не отапливаемом помещении, в наружной установке (что крайне нежелательно в АСУТП и требует применения блок-бокса или строительства специального здания-помещения) или применения специальных корпусов с двойными стенками и установкой климатических модулей по 17.5.5.

При этом проектировщик должен ориентироваться на применение в проекте щита того климатического исполнения, которое предусматривается техническими условиями фирмы-изготовителя щита. Климатические данные места установки щита определяются проектировщиком таким образом, как это изложено в разделах 18.3 и 18.4 главы 18.

Размещение щита в помещении и компоновка аппаратуры на панели оказывает влияние на выбор щита по степени защиты от прикосновения к токоведущим частям, попадания посторонних тел и воды внутрь щита (IP).

Для АСУТП также важно исполнение щита по воздействию ЭМС. Некоторые типы щитов имеют конструктивные особенности, которые обеспечивают уменьшение, снижение влияния электромагнитных полей на аппараты, устанавливаемые внутри щита. Однако более правильным решением (конструктивным и более дешевым) является частичное экранирование либо источника помех внутри щита, либо наиболее чувствительного устройства, также устанавливаемого внутри щита.

«Корпус в корпусе» и корпус щита дают хороший эффект экранирования электрических полей, выравнивания потенциалов в корпусе для снижения воздействий, связанных с электропроводкой, хорошее экранирование от высокочастотных электромагнитных полей.

Проектировщик при размещении щита в помещении должен обеспечить необходимые проходы между обслуживаемыми сторонами щитов или пультов с одной стороны, и с другой стороны со стенами и другими строительными конструкциями, оборудованием, открытыми дверьми щитов/пультов соседнего ряда. Проход должен быть шириной не менее 0,8 м, возможно уменьшение в отдельных местах до 0,6 м; высота прохода — не менее 1,9 м.

Составной многопанельный щит длиной по фронту более 7 м должен иметь два выхода с разных сторон.

Щкафные щиты, которые устанавливаются в помещениях с запыленной или с агрессивной атмосферой, с взрывоопасной или с пожароопасной средой, должны продуваться чистым воздухом под избыточным давлением внутри щита более 25 мм водяного столба с сигнализацией или отключением электропитания щита в случае снижения внутреннего избыточного давления до 10 мм водяного столба.

Каждая панель единичного или составного щита АСУТП должна иметь индивидуальное освещение лампой люминесцентной с выключателем и розеткой для подключения переносного электроинструмента и светильника.

17.5. ЭСКИЗНЫЙ ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА

Организационные действия при разработке эскизного чертежа общего вида щита рассмотрены в разделе 17.6.

На основании п. 3.2 ГОСТ 21.408-93 в состав рабочей документации систем автоматизации (и АСУТП) включают эскизный чертеж общего вида щита (пульта) как нетипового средства автоматизации.

Эскизный чертеж (п. 5.2.1 ГОСТ 21.408-93) определяет конструкцию щита/пульта и содержит его упрощенное изображение, основные параметры и технические требования к изделию в объеме исходных данных, необходимых для разработки конструкторской документации КД.

Объем исходных данных для разработки КД силами фирмы-изготовителя должен быть согласован с изготовителем щита/пульта или заранее определен техническими условиями к договору/контракту на разработку/создание АСУТП или ее части.

Эскизный чертеж общего вида разрабатывается на каждый единичный или составной щит/пульт (далее употребляется наименование «щит»), которому присваивается оригинальное, самостоятельное наименование и обозначение (обозначение основного комплекта рабочих чертежей – АТХ, шифра через точку Н и порядковый номер эскизного чертежа). Единичному щиту, входящему в составной щит, присваивается наименование составного щита с указанием № единичного щита («Щит оператора цеха. Щит 4. Общий вид»).

На основании п.п. 5.3.1, ..., 5.3.7 ГОСТ 21.408-93 в пособии составлена схема 17.Сх2 «Состав эскизного чертежа общего вида щита по ГОСТ 21.408-93».

На схеме приведен оптимальный состав эскизного чертежа, который служит заказчику документом для изготовления щита.

На практике фирма-изготовитель щита запрашивает дополнительно принципиальные электрические схемы, в которых отражаются те или иные элементы и аппараты щита. Принципиальные электрические схемы позволяют изготовителю щита проверить правильность разработанных схем/таблиц соединений и подключений щита с одной стороны, и протестировать совместную работу всех элементов и аппаратов щита с другой стороны. Цель таких действий изготовителя – уменьшить или исключить вовсе число несоответствий при пусконаладочных работах со щитом на объекте.

С другой стороны, как отмечено выше, имеется возможность сократить до минимума объем исходных данных для разработки КД. В этом случае, согласованном или определенном с заказчиком АСУТП, значительная часть составления исходных данных для разработки КД переносится на фирму-изготовителя щита. Однако минимальный объем исходных требований может определить только проектировщик или разработчик АСУТП.

Минимальный состав эскизного чертежа (с обязательным приложением к нему принципиальных электрических схем питания, сигнализации, блокировок и управления) отмечен на схеме 17.Сх2.

Изготовитель щита вправе внести определенные изменения в исходные данные на изготовление щита, но обязан согласовать их с проектировщиком АСУТП. В противном случае полная ответственность за функционирование части АСУТП, в которой задействован изготовленный фирмой щит, ложится на изготовителя щита.

Минимальный состав эскизного чертежа общего вида позволяет фирме-изготовителю использовать действующий на фирме программный пакет на разработку конструкторской документации щита и спецификации, как на единичный, так и на составной щит.

17.5.1. Общий вид единичного щита

Общий вид единичного щита выполняется в масштабе 1:10. Масштаб для отдельного узла (например, расположения вводных устройств) может быть изменен и указан над изображением узла.

На чертеже единичного щита – вид спереди, вид на внутренние плоскости указывается размер панели и стенок, а средства автоматизации и средства вычислительной техники, аппараты сигнализации и др. показываются упрощенно в масштабе внешних очертаний сплошными линиями с указанием их координат. Указываются также рамки с надписью для аппаратов.

Вблизи изображений аппаратуры проставляются на сносках номера позиций по перечню на чертеже.

Мнемоническая схема с небольшой насыщенностью аппаратурой управления, сигнализации и т. п. на эскизном чертеже общего вида щита изображается полностью (в масштабе 1:10) с указанием цветов ее окраски, но без простановки размеров деталей. При большой насыщенности аппаратурой мнемосхема выполняется на отдельных чертежах в масштабе 1:5 или 1:2. В этом случае на эскизном чертеже общего вида щита мнемосхема не изображается, а место ее расположения обводится контуром с соответствующей ссылкой на чертежи конструкций мнемосхемы.

Фирма-изготовитель, как правило, имеет в своем архиве или под заказ щита разрабатывает набор символов мнемосхемы, которые соответствуют по изготовлению и материалам техническим возможностям фирмы-изготовителя.

В разработке эскизного чертежа общего вида щита проектировщик АСУТП обязан учесть требования к щиту, изложенные в 17.4, 17.4.1–17.4.5.

На листах схемы 17.Сх3 приведены вид спереди щита и вид на внутренние плоскости щита.

На чертеже приводится перечень аппаратуры, размещенной на панели щита, с указанием ее наименования в соответствии со спецификацией щита и сквозной нумерацией позиций по перечню. Форма перечня приведена на рисунке 17.Р1.

В графе «примечание» следует по возможности указать обозначение установочного чертежа (специально разработанного в проекте или использованного из других проектов или типовых).

Надписи в рамках и в световых табло приводят в виде таблиц на свободном поле чертежа под перечнем аппаратуры по форме рисунка 17.Р2.

Надписи должны быть лаконичными и четкими, однозначными и функционально понятными (например, «уровень в резервуаре низок», «температура за дымососом высока»).

Как правило, разрабатывать чертежи вырезов для установки аппаратов не требуется ввиду того, что фирма-изготовитель щита имеет свои нормали на установку аппаратов. В случае их отсутствия фирма-изготовитель щита разрабатывает чертежи в составе КД.

17.5.2. Общий вид составного щита

Общий вид составного щита выполняется в масштабе 1:25 (смотри 17.Сх4).

На этом же чертеже в масштабе 1:50 или 1:100 приводится план щита в месте его установки (в помещении или около технологического оборудования).

На плане проектировщик обязан указать наиболее критичные размеры (ширина и высота) проходов, расстояния между фасадом и местом нахождения оператора или операторов с указанием углов обзора каждого оперативного работника.

На чертеже приводится перечень единичных щитов, входящих в составной щит, и вспомогательных конструкций.

Перечень выполняется по форме 17.Р1 с изменением наименования перечня (перечень единичных щитов), номера позиций по перечню указываются на сносках от единичных щитов и вспомогательных конструкций.

Расположение мнемосхемы на составном щите показывается контуром с необходимой ссылкой на чертеж/чертежи общего вида единичного щита.

На фасадной стороне составного щита при необходимости могут приводиться надписи, обозначающие технологический участок или аппарат. Надписи выполняются кратко стандартными цифробуквенными обозначениями.

17.5.3. Спецификация щита

Различают спецификации: для единичного щита и для составного щита.

Спецификация единичного щита состоит, как правило, из разделов:

- «документация», который включает таблицы соединений и подключений щита;
- «детали», который включает нетиповые детали для установки приборов и аппаратуры внутри щитов и элементы мнемосхем;
- «стандартные изделия», включающий щитовые конструкции и другие стандартные изделия фирмы-изготовителя;
- «прочие изделия», в который включают по группам:
 - средства вычислительной техники;
 - телекоммуникационное оборудование;
 - приборы и регуляторы;
 - электроаппараты;
 - арматура трубопроводная;
 - изделия для электромонтажа;
 - изделия для монтажа трубных проводок;
 - изделия для нанесения надписей;
- «материалы», в которой включены:
 - электрические провода по таблице соединений;
 - трубы внутрищитовой проводки (по схеме соединений трубных проводок).

Как указано в разделе 17.5 возможно исключение из спецификации единичного щита ряда разделов или их частей по схеме 17.Сх2.

В раздел «документация» эскизного чертежа общего вида щита по п. 5.3.7 ГОСТ 21.408-93 включают таблицы соединений и подключения.

В то же время п. 4.5 этого ГОСТа содержит требования к выполнению схем соединений и подключения внешних проводок, выполняемых различными методами: графическим, адресным или табличным. По аналогии для внутрищитовых проводок также разработаны три метода выполнения схем соединений и два метода выполнения схем подключения.

Описание схемы соединений проводок внутри щита приведено в главе 14, раздел 14.3, методы выполнения схемы соединений изложены в 14.3.1, 14.3.2 и 14.3.3.

Описание схемы подключений дано в разделе 14.4, а схемы и таблицы подключения электрических проводок – в 14.4.1 и 14.4.2.

Спецификация составного щита включает два раздела:

- «сборочные единицы», в который входят все единичные щиты, составляющие щит;
- «стандартные изделия», в котором указаны все вспомогательные элементы, не имеющие чертежа общего вида (вспомогательная панель без аппаратуры, панели с дверью, угловая вставка – по перечню эскизного общего вида составного щита).

Спецификации щитов выполняют по форме 7 ГОСТ 21.101-97; при этом графу «масса» не заполняют.

Рисунок формы спецификации приведен в пособии – 17.Р3.

17.5.4. Меры по защите от конденсата

В корпусе шкафа, пульта (и коробки) возможно образование конденсата. При этом, чем более герметично оборудование, тем больше шансов образования в них конденсата.

Конденсат появляется при скачкообразном уменьшении температуры внутри оборудования. При частых колебаниях температуры и, соответственно, влажности воздуха, внутри оборудования скапливается значительное количество воды, вызывая эффект негерметичности корпуса.

Скопившийся конденсат может вызвать неисправность работы электрооборудования, установленного внутри корпуса.

Для уменьшения появления конденсата следует избегать больших неплотностей в оборудовании и больших перепадов температуры.

Для снижения накопления конденсата рекомендуется использовать сливное отверстие в корпусе или вентиляционные трубки внизу корпуса.

Проектировщик АСУТП имеет данные о климатических условиях эксплуатации шкафа (коробки) в месте установки. На этом основании на чертеже «вид на внутренние плоскости шкафа/пульта/коробки» следует указать на необходимость создания сливного устройства в корпусе щитового изделия и на необходимость хорошей герметизации дверей и отверстий для установки аппаратуры на фасадной стороне изделия.

17.5.5. Создание микроклимата в щите

В зависимости от места установки щита следует определить необходимость в организации внутри щита соответствующего микроклимата для обеспечения работоспособности аппаратуры, монтируемой в щите.

В общем случае возможны условия, при которых необходимо создание искусственного микроклимата в щите:

1. Щит установлен в неотапливаемом помещении или в наружной установке, выделяемое внутри щита тепло от аппаратуры недостаточно для поддержания необходимой температуры.

2. Внутри щита выделяется большое количество тепла, которое создает повышенную температуру, недопустимую для установленной аппаратуры.

3. Щит размещается в месте с повышенным запылением или с агрессивной средой.

Для решения вариантов можно использовать:

- обогреватель;
- холодильник;
- теплообменник;
- вентилятор с фильтром.

Вентилятор с фильтром для охлаждения щита применяется, если окружающий воздух не агрессивен или не слишком запылен. В противном случае следует при-

менить теплообменник, в котором внутренний «горячий» воздух щита охлаждается в теплообменнике внешним хладагентом.

Холодильник обычно подает охлажденный наружный воздух без очистки от агрессивных примесей.

Поверхность щита, через которую внешняя среда с температурой $t_{\text{внешн.}}$ передает/получает тепло от внутренней среды в щите с температурой $t_{\text{внутр.}}$ определяется по следующей таблице 17.Т6.

Мощность теплопередачи $Q_{\text{ТП}}$ через стенки щита определяется формулой

$$Q_{\text{ТП}} = K_{\text{ТО}} \cdot S \cdot \Delta t,$$

где K – коэффициент теплообмена ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$);

S – расчетная эффективная площадь теплообмена (м^2) по таблице 17.Т6;

Δt – разность температур $t_{\text{внешн.}}$ и $t_{\text{внутр.}}$.

При $\Delta t = t_{\text{внешн.}} - t_{\text{внутр.}} > 0$ – требуется нагревание щита;

$\Delta t = t_{\text{внутр.}} - t_{\text{внешн.}} > 0$ – требуется охлаждение щита.

Проектировщик АСУТП должен в документации на изготовление щита указать:

- расположение единичного щита;
- перепад (разность) температур между $t_{\text{внутр.}}$, которая определяется техническими данными установленной аппаратуры в щите (t_{min} и t_{max}), и $t_{\text{внешн.}}$, которая определяется внешними климатическими данными места расположения щита;
- потери мощности внутри щита от оборудования АСУТП;
- расчетную эффективную площадь теплообмена щита.

17.6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА

17.6.1. Процедуры разработки чертежа

Эскизный чертеж общего вида щита/пульта разрабатывается в результате проведения многочисленных проектных процедур.

В начале выполнения утверждаемой части рабочего проекта (или проекта при двухстадийном проектировании) исполнители ведут подготовку организационно-технического совещания 1.

На совещании 1 (смотри строку 1/12 схемы 6.Сх1 и комментария к ней в главе 6) в числе других вопросов проводится оценка предлагаемых комплексов технических, программных и программно-технических средств АСУТП, которые удовлетворяют требованиям организационной и функциональной структур и структуры КТС АСУТП. После этого подразделения, выполняющие проектные работы по техническому обеспечению, разрабатывают схему автоматизации и ведомости сигналов ввода и вывода сигналов и ведомость оборудования АСУТП.

Проведение совещания 2 (строка 2/15 схемы 6.Сх1) позволяет определить фирмы и предприятия поставщиков комплекса программно-технических средств АСУТП, систем SCADA и программируемых логических контроллеров, средств информационной технологии. Дальнейшее проектирование всех видов обеспечения

АСУТП завершается выпуском утверждаемой части проекта (или проекта) и отправкой ее/его заказчику.

Заказчик организует необходимые согласования и экспертизу выполненной проектной документации, а при необходимости ее корректировку.

Указанные мероприятия проводятся заказчиком с активным участием разработчика/проектировщика АСУТП.

На основании откорректированной ведомости оборудования и материалов ВОМ в совокупности с другими документами утверждаемой части рабочего проекта (проекта) после их утверждения организуется конкурсный отбор (тендер) поставщиков технических и программных средств АСУТП.

В результате конкурсного отбора средств автоматизации и средств вычислительной техники и информационных технологий проводится уточнение спецификации оборудования В4.1 (строки 8/01, 8/02, 8/03 схемы 6.Сх1).

Исполнитель технического обеспечения АСУТП проектно компоует программируемый логический контроллер (контроллеры) ПЛК, используя документы:

- схема комплекса технических средств АСУТП – С1;
- схема автоматизации – С2;
- чертеж расположения помещений и оборудования АСУТП – С8;
- спецификация оборудования и материалов – В 4.1;
- ведомость сигналов – В1;
- ведомость данных – В2.

Чертеж компоновки контроллера СБ.К отражает:

- выбранный тип контроллера;
- тип и количество модулей ввода/вывода сигналов аналоговых и дискретных;
- тип и количество сопроцессоров, интерфейсных модулей;
- тип и количество источников (блоков) питания;
- тип и число терминальных блоков и реек с клеммами для ввода/вывода сигналов.

Исполнитель технического обеспечения АСУТП определяет средства автоматизации, которые следует разместить на фасадной стороне щита/пульта и внутри щита/пульта.

Определение вспомогательного оборудования и монтажных изделий производится после разработки схемы питания средств автоматизации и выбора блоков электропитания, аппаратов защиты, устройств защиты от импульсных перенапряжений, разработки схем внешних соединений для оборудования данного щита.

Таким образом, исполнитель имеет необходимые данные для компоновки оборудования в щите и проектирования эскизного чертежа общего вида щита в соответствии с ГОСТ 21.408-93.

Для проектировщика АСУТП в общем случае одной из важных сторон разработки чертежа общего вида щита является организация связи полевых устройств с приборами, средствами вычислительной и информационной техники, вспомогательной аппаратурой и др., которые размещаются на проектируемом щите, подключение к ним кабельных и трубных проводов.

Соединение аппаратов внутри щита, их подключение к внешним цепям требует разработки принципиальных электрических, пневматических или гидравлических схем питания, измерения, управления и препарации их по элементам оборудования, установленного в щите.

Отметим, что кабельные проводки, которые вводятся в щит, имеют концевые заделки жил и проводов, подключение к различного вида клеммам, зажимам, к другим проводникам и жилам.

Концевая заделка – последовательное освобождение жил провода или кабеля от защитных покровов, оболочек и изоляции с закреплением оставшихся на кабеле или проводе элементов (брони, оплетки и т. п.) для предотвращения их разматывания, с герметизацией концов жил для предотвращения проникновения в них влаги, с заземлением брони, экранов, металлической оплетки и оболочки, с оконцеванием жил для их подключения к аппаратам, контактными зажимам и их маркировкой.

Подключение внешних кабелей может осуществляться с использованием клеммных коммутационных зажимов, штепсельных разъемов, соединительных муфт и т. п.

Коммутационные элементы предполагают размещение и крепление их на панелях щита. То есть проектировщик обязан учесть размеры элементов коммутации электрических (или трубных) проводок при компоновке аппаратуры щита.

К сожалению, этой стороне проектирования уделяется недостаточное внимание. В то же время коммутационные элементы играют немаловажную роль при монтаже щита на объекте и при эксплуатации щита. Удобство подключения проводок, возможность и удобство отключения проводок при проведении мероприятий по проверке сопротивления изоляции проводок (внешних и внутренних) следует учитывать при выборе и компоновке коммутационных элементов в щите.

В качестве примера разработки эскизного чертежа общего вида щита в пособии выбран щит с модульным контроллером со значительным числом вводов/выводов, с большим количеством различных коммутационных элементов.

Рассмотрим процедуры по разработке эскизного чертежа общего вида щита на примере с использованием контроллера фирмы Siemens.

1. Определена фирма-изготовитель программируемого логического контроллера – Siemens.

2. Определено место установки щита с контроллером: аппаратная Z; размеры помещения аппаратной и предполагаемое размещение в аппаратной щитового и иного оборудования позволяет применить щит как с односторонним, так и с двусторонним обслуживанием; помещение отапливаемое с температурным режимом – от +15 °С до +25 °С и относительной влажностью при этих температурах от 80 до 95 %. (Температурно-влажный режим в аппаратной можно задать в «Задании на смежные разделы проекта».)

3. По схеме комплекса технических средств АСУТП и по схеме автоматизации определено количество вводов и выводов сигналов с группировкой их по видам и параметрам:

Аналоговый ввод A_i :

– 42 (6 групп по 7 сигналов) аналоговых сигнала 4–20 мА от преобразователей температуры и давления, которые требуют внешнего электропитания 24 В постоянного тока;

– 6 аналоговых сигналов 4–20 мА от электродвигателя насоса (ток электродвигателя);

– 6 аналоговых сигналов (4–20 мА) о положении регулируемых клапанов;

– всего A_i – 54 сигнала.

Дискретный ввод D_i – 168 беспотенциальных релейных контактных входов с информацией о состоянии 42 дистанционно управляемых задвижках (сигналы «открыта», «закрыта», «дистанционное управление», «отключена от управления»);

– 30 релейных контактов на входе с информацией о положении 15 задвижек с ручным управлением («открыта», «закрыта»);

– 18 релейных контактов о состоянии 6 насосов («включен», «дистанционное управление возможно», «общая неисправность»);

– 12 релейных контактов с информацией о достижении продуктом заданного уровня в конце коллектора;

– 6 беспотенциальных контактов с информацией о гаражном положении сливных устройств и переходных площадок;

– всего D_i – 234 сигнала.

Дискретный вывод DO :

– 72 выходных сигнала для управления 36 дистанционно управляемыми задвижками (=24 В) («открыть», «закрыть»);

– 12 выходных сигнала (=24 В) для дистанционного управления 6 регулируемыми клапанами («больше», «меньше»);

– 12 выходных сигналов (=24 В) для управления 6 насосными агрегатами («включить», «отключить»);

– всего – 96 сигналов.

Порт PROFIBUS DP для последовательного подключения повторителей сети R1 и R2 управления двумя группами по 29 задвижек каждая.

4. Приведенных в п. 3 данных достаточно для выбора типа модулей ввода/вывода, определения их количества с учетом необходимого (10–15 %) резерва по каждому виду входа или выхода.

Выбираем модуль аналогового ввода 4–20 мА, имеющему 8 каналов с изоляцией – SM 331.

54 действующих сигнала распределяем по модулям с 8 каналами ввода – $54:8 = 7$ модулей с двумя резервными входами ($8 \times 7 = 56$; $56 - 54 = 2$).

Модули дискретного ввода D_i (=24 В) имеют 32 канала с оптической изоляцией, объединенных в одну группу – SM 321.

Дискретные сигналы распределяем следующим образом:

– $144 + 30 = 174$ сигнала подаются на 6 модулей ($6 \times 32 = 192$), при этом 18 входов являются резервными;

– 18 сигналов о состоянии насосов подключаются на один модуль № 9, при этом 14 входов являются резервными;

– $12 + 6$ сигналов уровня и готовности устройств подключены к модулю № 3 (резерв – 14);

– 24 сигнала о состоянии регулируемых задвижек подаются на отдельный модуль № 8.

Модуль D_i10 является резервным модулем.

Модуль дискретного вывода SM 322 на 8 релейных выходных каналов с оптической изоляцией на 230 В и нагрузкой 5 А.

96 дискретных сигналов группируются по модулям следующим образом:

– 48 релейных выводов для управления 24 задвижками на теплообменниках организованы на модулях $DO1$ – $DO9$;

– 12 релейных выводов управления 6 регулирующими клапанами на модулях $DO10$ и $DO11$, при этом в резерве остается 4 выхода;

- 12 релейных выходов для управления 6 насосами с использованием модулей DO12, DO13, при этом 4 выхода остаются в резерве;
- модуль DO14 является резервным.

Таким образом, все объекты контроля и управления, которые будут «обслуживаться» данным программируемым логическим контроллером, распределяются по модулям ввода/вывода. Их распределение по модулям и корзинам приведено в таблице 17.Т1. Таблица обычно дополняется конкретными обозначениями объектов контроля и управления.

В отечественной и переводной литературе вместо термина «корзина» используются другие термины – каркас, крейт, шасси.

В пособии использован термин «корзина», чтобы не повторять термин «каркас» (смотри терминологию в 17.2) щитовой продукции, чтобы не использовать зарубежные слова (шасси – обычно применяется в авиа- и автомобилестроении).

5. После определения числа модулей ввода/вывода – $7A_i$, $10D_i$, $14DO$ – 31 штука и распределения их по 4 корзинам устанавливается необходимость в интерфейсных модулях ИМ (4 штуки) и коммутационном процессоре (1 штука).

6. По паспортным данным определяется электропотребление в ВА и А (мощность, максимальный потребляемый ток).

Эти данные позволяют выбрать источник питания ИП. В нашем случае это одноканальный ИП1 типа PS 307 с выходными данными на 24 В постоянного тока и максимальной нагрузкой 2 А.

7. Выбор аппаратов по п.п. 4, 5 и 6 используется при разработке электрической схемы питания 17.Сх5.

В схеме питания определяются аппараты защиты, заземления и вспомогательные элементы (SF, PE, XT). Проектный тип и количество указанных аппаратов необходимы для определения ориентировочных габаритов зоны для их установки.

8. По схеме телекоммуникаций управления задвижками по сети PROFIBUS DP определяем тип и число устройств защиты от импульсных перенапряжений (2 штуки). По проектным данным определяется зона их установки.

9. Знание вида и количества входных и выходных сигналов, их распределение по модулям ввода/вывода позволяет определить тип и количество терминальных блоков для модулей ввода и клеммных реек для модулей вывода данного типа контроллера. Для модуля ввода аналоговых сигналов A_i необходимо два терминальных блока ТРА на 4 канала ввода каждый; всего необходимо $7 \times 2 = 14$ блоков ТРА.

Для модуля ввода дискретных сигналов D_i необходимо 4 терминальных блока ТРЗ на 8 входов каждый; всего необходимо $10 \times 4 = 40$ блоков ТРЗ. Кроме того, для каждого модуля D_i необходим модуль терминальной коммуникации МТК. Таким образом, в нашем примере необходимо 10 штук модулей МТК.

Для модуля вывода дискретного сигнала 24 В постоянного тока необходимо использовать специальную рейку зажимов на 16 клемм. Всего необходимо 14 реек.

Перечисленные блоки, модули и рейки приведены в перечне на схеме 17.Т2.

Кроме специализированных терминальных блоков ТРА и ТРЗ необходимы 54 соединительных кабеля TOP, которые соединяют терминальные блоки с модулями ввода аналоговых и дискретных сигналов A_i и D_i . Указанные попутные изделия фирмы Siemens имеют значительную избыточность по входным клеммам (что вид-

но из схемы 17.Схб) и дополнительные пружинные разъемы. Последнее повышает цену каждого из изделий, но несколько уменьшает объем монтажных работ при изготовлении щита.

Можно рекомендовать в качестве приемлемой альтернативы установку реек зажимов вместо терминальных блоков и их соединение при изготовлении щита с фронтальными соединителями при использовании винтовых клемм. Предлагаемое решение уменьшит стоимость готовых покупных изделий.

В нашем примере необходимо ориентировочно 80 реек по 8 зажимов каждая, всего 640 клемм. Эти клеммы при изготовлении щита монтажным проводом подключают к клеммам фронтальных соединителей и клеммам блоков питания.

Кроме того, габариты реек зажимов составляют около 2/3 габаритов терминальных блоков (54 штуки в нашем примере), что в определенных условиях может также уменьшить габариты щита контроллера.

10. Для защиты каналов ввода/вывода по схеме питания 13.Сх21 предусматриваются предохранители с плавкой вставкой на различные токи срабатывания.

Общее число аппаратов защиты – 34.

11. Автоматические выключатели, предохранители, блоки, модули и рейки по п.п. 7.9 и 10 устанавливаются на ДИН-рейку, что позволяет определить суммарную длину установочной рейки.

12. По схеме питания для первичных измерительных преобразователей в количестве 42 штук предусматривается 24 двухканальных блока питания БП1–БП24. Для защиты БП применяются автоматические выключатели SF (6 штук).

Выбранная аппаратура устанавливается на ДИН-рейку.

13. По п.п. 4–12 определено общее число, вид аппаратуры (перечень 17.Т2), которое следует скомпоновать в щите/щитах контроллера ПЛК.

Предварительная компоновка перечисленной аппаратуры показывает, что аппаратура может разместиться на двух панелях шириной 800 мм при высоте 2000 мм. Учитывая данные помещения, где будет установлено оборудование ПЛК (п. 2), принимаем щит шкафной двустороннего обслуживания размерами 2000 × 800 × 600.

Для шкафа предусматриваем установку двух монтажных панелей, переднюю и задние двери с замками, боковые панели и цоколь/подставку под щит размерами 200 × 800 × 600.

14. Далее проводится проектная работа по конкретной компоновке аппаратуры в конкретном шкафном щите.

В результате этого оформляется эскизный чертеж общего вида щита – схема 17.Сх3.

В перечне щитовой продукции и аппаратуры 17.Т2 производится разбивка на аппаратуру поставки заказчика (вид, число и габариты указаны на эскизном чертеже) и на аппаратуру поставки изготовителя (вид и габариты определяет изготовитель с учетом электрических данных аппаратов по схеме питания и схеме подключения щита ПЛК).

Указанные схемы с перечнем аппаратуры прилагаются к заданию на изготовление щита.

В общем случае процедура п. 12 применима для электрической (пневматической, гидравлической) схемы контроля, измерения, управления и блокировки, технические элементы которой предполагается разместить на данном щите. Элементы

и аппаратура электрической и т. п. схемы указываются в перечне эскизного чертежа общего вида щита. Сама электрическая (и т. п.) схема/схемы также прилагается к заданию.

В приведенном примере электрические схемы контроля, измерения и управления дополнены схемами подключения к модулям Ai, Di, DO контроллера (схемы 17.Сх6).

15. Проектные документы, которые указаны в п. 14, составляют техническую часть задания на изготовление щита контроллера, как указано в разделе 17.5.1.

Как правило, задание на изготовление щита комплектуется в отдельную книгу или том.

16. Если договором/контрактом на проектирование АСУТП предусмотрена разработка схемы соединений щита, то проектировщик выполняет схему или таблицу соединений аппаратуры внутри щита. Этот документ включается в состав задания на изготовление щита.

В примере выполнена схема соединений и подключения и таблица соединений контроллера ПЛК для модулей ввода аналоговых сигналов, ввода и вывода дискретных сигналов (по одному из каждого вида модулей) и для сети PROFIBUS-FMS и PROFIBUS-DP (схемы 17.Сх6, 17.Сх8 и таблица 17.Т3).

Таблица соединений и подключения для контроллера в нашем примере менее наглядна и менее удобна при выполнении монтажа щита и при его эксплуатации на объекте управления.

17. Материалы задания позволяют исполнителю работ по изготовлению щита произвести необходимые доработки документов, которые учитывают наличие у изготовителя защитной и вспомогательной аппаратуры, электротехнических изделий и компонентов щитовой продукции (реек крепления кабелей и проводов, коробов, крышек для коробов, колодок и реек клеммных, перемычек, проводников заземления и других изделий).

Изделия поставки изготовителя щита приведены в соответствующих разделах перечня эскизного чертежа общего вида щита. Изготовитель обязан выдержать технические данные, которые указаны в перечне для каждого изделия (17.Т2).

Изготовитель разрабатывает конструкторскую документацию на установку всех аппаратов и изделий на щите. При этом изготовитель учитывает габариты приближения аппаратов и изделий друг к другу и к элементам щита. Изготовитель также учитывает наличие электрических цепей различного напряжения, искробезопасных цепей и цепей, которые имеют выход/вход во взрывоопасную зону и зону с импульсными перенапряжениями.

Изготовитель при необходимости по принятой на предприятии (фирме) системе разрабатывает схему или таблицу внутренних соединений для щита.

18. Изготовитель щита обязан подготовить паспорт щита, в котором указывается:

- степень защиты щита (IP);
- номинальный ток потребления;
- номинальное напряжение питания;
- рабочее напряжение;
- испытательное напряжение;
- тип щита.

В паспорт включают:

- чертеж общего вида щита с перечнем всей установленной аппаратуры;
- схему питания аппаратов щита;
- электрическую схему/схемы контроля, измерения, управления, элементы которой размещаются на щите;
- схему подключений;
- схему соединений щита;
- другие необходимые схемы и чертежи.

Паспорт щита служит эксплуатационным документом в АСУТП.

17.6.2. Обозначение в схемах

А. Обозначение кабелей

Маркировка кабелей или жгутов проводов, которые подключаются к щиту ПЛК, выполнена следующим образом.

Технологический объект управления запроектирован с индивидуальным обозначением технологических аппаратов, трубопроводов, оборудования и основной арматуры. Подобное обстоятельство позволяет использовать обозначение средств полевой автоматизации (первичных измерительных преобразователей, исполнительных устройств и др.), в соответствии с установленным в проекте технологической части обозначением оборудования и трубопроводов, которые оснащаются средствами контроля, измерения и управления (211TIR-1, 211TIR-2, 211PIRA-1 и т. д., 211I, 211R и др.).

Кабели, которые подключаются к полевым устройствам, имеют соответствующие обозначения (например, 211T-1, 211-T2, 211P-1, 211I, 211R и т. п.).

В случае если к полемому устройству подключается более одного кабеля, то к основному обозначению для последующих кабелей через дефис добавляется цифра 1, 2 и т. д. (например, 212R-1).

После объединения кабелей или жгутов проводов в соединительной или протяжной коробке обозначению кабеля (жгута) присваивается обозначение номера коробки (например, 1КС2).

Таким образом, к щиту контроллера подходят в общем случае кабели, которые имеют маркировку двух видов:

- по обозначению полевого устройства;
- по обозначению соединительной или протяжной коробки, расположенной по трассе кабеля наиболее близко к щиту.

На схеме 14.Сх1 соединений внешних проводок контроллера ПЛК указаны кабели 1КС1, 211Т-3, 211Т-4, 1КС2, 211, 1КС3, 211З и др.

Б. Маркировка аппаратуры щита

Процессорные модули контроллера имеют обозначение CPU, CP, IM-360, IM-361, источник их питания ИП1, повторители телекоммуникационных цепей R1 и R2.

Для их подключения используются изделия поставки изготовителя щита (таблица 17.Т4), которые имеют по таблице 13.Т4А после двухбуквенного кода типа элемента (изделия) общую букву Р (от обозначения PLC) – SРР, ХТР, РЕР.

SFP, PEP дополняются порядковым цифровым обозначением 0, 1, ..., 8, 9 (например, SFP0, SFP5, PEP1, PEP8), а клеммная рейка ХТР имеет клеммы с маркировкой по порядку через двосточие (ХТР:0, ХТР:1, ХТР:3).

Принятая маркировка модулей ввода/вывода не требует пояснения – Ai1–Ai7, Di1–Di10, DO1–DO14.

Терминальные блоки к модулям имеют маркировку, которая соответствует порядковому номеру модуля и через точку – номеру терминального блока этого модуля (ТРА1.1, ТРА1.2, ТРА2.1, ТРА2.2 и т. д.; ТВ1.1, ТВ1.2, ТВ1.3, ТВ1.4, ТВ2.1, ТВ2.2 и т. д.).

Терминальная рейка зажимов ХТ для модуля DO имеет марку, которая соответствует номеру DO (ХТDO1, ХТDO2, ..., ХТDO14).

Защитный аппарат FU для модуля Ai имеет обозначение, соответствующее модулю – FUAi1–FUAi7, а для модуля Di – FUDi1–FUDi10.

Рейка зажимов для терминальных блоков ТВ промаркирована ХТDi, ее клеммы – ХТDi:1–ХТDi:10.

Рейка зажимов для модулей DO1–DO14 имеет маркировку ХТDO, ее клеммы – ХТDO:1–ХТDO:14.

Зажимы для заземления экранов кабелей промаркированы РЕК1, ..., РЕК16; зажимы для заземления жил отдельных кабелей подключения датчиков – РЕД1, ..., РЕД12.

Подключение провода РЕ к щиту и подключение ДИН-реек производится к зажимам с маркой РЕ1, ..., РЕ8.

В. Маркировка цепей щита ПЛК

Провода вводной питающей цепи П1 имеют маркировку L и N, после аппаратов отключения L1, N1 и L2, N2 (схема 17.Сх5).

Провода после аппаратов защиты источников (блоков) питания промаркированы: LP для питания центральных модулей контроллера (P – первая буква PLC), LM для питания модулей ввода/вывода, LD для питания датчиков сигналов; LD имеет порядковый номер LD1–LD6, который соответствует номеру блока питания БП1–БП6.

Нулевой провод N2 преобразователей энергии подключается к клеммам ХТР:0–ХТР:10 (для ПЛК) или к клеммам ХТD:1–ХТD:6 (для блоков питания БП1–БП6).

Заземление источников питания ПЛК производится от клемм РЕР0 и РЕР10.

Вводная жила РЕ подключается на клемму 1 рейки РЕ (РЕ1), жила питающего кабеля щита ПЛК12 подключается к клемме РЕ2.

Заземляющая жила розетки подключается к клемме РЕ3 или РЕ4.

Четкое обозначение потребителей электропитания модулей вычислительной техники – программируемого контроллера (CPU, CP, IM, Ai1–Ai7, Di1–Di10, DO1–DO14), повторителей (R1 и R2), источников питания (ИП1 и ИП2), обозначение защитных аппаратов в соответствии с обозначением модулей и средств ВТ – позволяют маркировку цепей подключения перечисленных выше аппаратов привести в соответствие с обозначением потребителей электропитания.

Общая плюсовая цепь питания после источника питания имеет марку РО: для ИП1–РО1, для ИП2–РО2.

Общая минусовая цепь после ИП1 обозначена М1, а после ИП2 – М2 (схема 17.Сх6).

Плюсовые цепи после аппаратов защиты имеют маркировку Р1–Р8, Р9 – после резервного аппарата защиты.

Минусовая цепь М1 подключается к каждому защищаемому потребителю от соответствующей клеммы ХТР:1, ХТР:2, ..., ХТР:9 рейки зажимов ХТР. Защитный проводник соответственно подключается к клемме заземления рейки РЕР (РЕР1–РЕР9).

Подобным образом осуществляется маркировка цепей модулей ввода/вывода сигналов. Провод после аппарата защиты имеет маркировку, соответствующую обозначению этого аппарата и обозначению модуля ВТ – Аi1–Аi7, Di1–Di10, DO1–DO14.

Минусовой провод М2 к потребителю подключен соответственно на клемму рейки ХТАi, ХТDi или ХТDO (ХТАi:1–ХТАi:7, ХТDi:1–ХТDi:10, ХТDO:1–ХТDO:14).

Маркировка цепей питания двухпроводных датчиков температуры и давления следующая.

Плюсовая цепь питания, которая идет непосредственно к датчику, промаркирована по марке датчика с добавлением в конце цифры 2 (например, 211Т-12, 211Т-22, 211Р-12, 211Р-32, 216Р-22, 216Р-32).

Минусовая часть питания, которая подключается к клемме ТРА (С, Е, G, I), имеет маркировку, состоящую из номера блока питания (1–6) и через тире номера выходной клеммы канала питания блока (например, 1-102, 1-202, 2-102, 2-202).

Входной аналоговый сигнал от датчика поступает непосредственно на клемму ТРА (В, D, F, H) по проводу с маркировкой, состоящей из номера датчика с добавлением в конце цифры 1 (например, 211Т-11, 211Т-21, 211Р-11, 211Р-31, 216Р-21, 216Р-31).

Таким образом, двухпроводной датчик получает питание (и выдает информационный сигнал) по цепи, которая имеет маркировку датчика с добавлением цифры 1 в плюсовую цепь и цифры 2 – в минусовую (211Т-11 и 211Т-12).

Все цепи щита ПЛК должны иметь цветную маркировку (расцветку) по 17.Т5.

17.6.3. Прилагаемые схемы

В соответствии с ГОСТ 21.408-93 как отмечено в 17.5.3 к эскизному чертежу общего вида щита прикладывается документация, включающая таблицу соединений.

Вместо таблицы можно разрабатывать схему соединений внутри щита и схему подключений щита.

В нашем примере эти схемы выполнены для отдельных модулей щита контроллера ПЛК11.

Расположение модулей приведено на чертеже общего вида щита (17.Сх3).

Схема соединений и подключения контроллера ПЛК разбита на части; каждая часть схемы охватывает отдельные модули контроллера.

Соединения и подключения процессорных модулей показаны на схеме 17.Сх7.

На схеме приведены цепи питания центрального процессорного блока CPU, интерфейсных модулей ИМ360 и ИМ361, источников питания ИП1 и ИП2, которые установлены в непосредственной близости к модулям ИМ361.

На этой схеме изображены выходные цепи питания = 24 В источников питания ИП1 и ИП2, показаны интерфейсные кабели между модулями ИМ 360 и ИМ 361, а также соединительный кабель PROFIBUS-FMS, который соединяет между собой коммуникационные процессоры СР контроллеров ПЛК11 и ПЛК12 (кабель FMS 12 с двумя соединительными штепселями).

На схеме 17.Сх8 показано интерфейсное соединение PROFIBUS-DP с терминалами контроля и управления по линиям R1–A1 и R2–A2.

Линии обслуживают по 29 электрифицированных задвижек, как это указано на схеме комплекса технических средств 12.Сх5.

Схемы каждого электропривода задвижки аналогичны. Входящие жилы подключаются на клеммы 1А и 1В, а экран кабеля соединен с клеммой 1С. Выходящие жилы подключаются к клеммам 2А и 2В, а экран – к клемме 2С. При этом клеммы 1В и 2В, 1С и 2С соединены между собой.

Таким образом создается единая электрическая цепь с обозначением В2 для всех 29 электрических терминалов и единый сплошной экран всех кабелей цепи, который заземляется только на щите контроллера.

Информационная жила А между терминалами обозначается по марке (обозначению) кабеля. Обозначение же кабеля осуществляется по номеру терминала, к которому подключается кабель, считая по направлению от процессора и его повторителя к терминалу.

Так, кабель от повторителя, который подходит к первому подключенному терминалу, имеет обозначение, соответствующее этому терминалу – 157 (или 457 для линии А2). Кабель от терминала 157 к терминалу 156 обозначается маркой 156, от терминала 156 к терминалу 147 маркой 147.

В каждой информационной линии (сети) установлены последовательно два устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП1 и УЗИП1.1, УЗИП2 и УЗИП2.1). Устройства УЗИП1 и УЗИП2 размещены на щите ПЛК, а устройства УЗИП1.1 и УЗИП2.1 – в электропомещении.

Настройки УЗИП1(2) и УЗИП1.1(2.1) различны, подробно об этом изложено в главе 9.

В качестве интерфейсного кабеля следует выбирать экранированный кабель с витой парой, параметры которого должны быть: диаметр жилы – более 0,5 мм; сечение – более 0,5 мм²; сопротивление – менее 110 Ом/км; емкость – менее 30 пФ/м; входное сопротивление – 135–165 Ом при частоте 20 МГц.

На схеме соединения и подключения модуля Ai1 (схема 17.Схб) кроме собственно модуля Ai1 показаны терминальные блоки ТРА1.1 и ТРА1.2 и блоки питания первичных измерительных приборов БП1, БП2, БП3 и БП4.

Цепь от первичного прибора подключается к соответствующей клемме ТРА (провод с маркировкой, последняя цифра которого «единица» – 1) и к выходной клемме 101 или 201 блока питания данного первичного прибора. Выходная клемма 102 или 202 блока питания соединяется с соответствующей клеммой ТРА (провод с маркировкой номера блока питания и через тире – номер клеммы блока (1-102, 1-202, 2-102, 2-202 и т. д.).

На схеме указаны провод питания модуля (через клеммы ТРА) от аппарата защиты FUAi и обратный провод на ХТАi:1.

Терминальные блоки ТРА соединяются с модулем Аі посредством стандартных фирменных кабелей ТОРА1.1 и ТОРА1.2.

Схема соединений и подключения контроллера разработана на основании схемы питания щита ПЛК, схемы соединений внешних проводок контроллера ПЛК (14.Сх1), схем подключения цепей управления и контроля электроприводов задвижек различных фирм (14.Сх6), схем подключения СК для этих электроприводов (14.Сх7).

В примере условно приняты 4 типа электроприводов: АУМА, LІMІTORQUE, ROTORK, с блоком управления и регулирования БУР (фирма «ЭлиСи», г. Томск).

Принципиальные электрические схемы управления и контроля для приводов фирм приведены в главе 13, разделе 13.5.5.3.

С использованием принципиальных схем разработаны схемы подключения цепей управления и контроля к электроприводам или блоку управления (14.Сх6).

Затем разработана схема соединений внешних проводок (14.Сх1) и схемы подключения соединительных коробок СК (14.Сх7).

Схемы соединений внешних проводок и подключения можно не прикладывать к эскизному чертежу общего вида щита. В нашем примере они служат для пояснения других схем.

Правила выполнения указанных схем освещены в главе 14.

На схеме соединения и подключения модуля Dі1 изображены: модуль Dі с фронтальным соединителем, терминальные блоки ТВ1.1, ТВ1.2, ТВ1.3, ТВ1.4, модуль коммутации терминальных блоков МTK1.

Цепи контроля каждого электропривода задвижек содержат в нашем примере по пять проводов:

1. +24 В – общий провод питания цепей контроля (сигнализации).
2. «Закрыта» – провод контроля закрытого положения задвижки.
3. «Открыта» – провод для контроля открытого положения задвижки.
4. «Дистанционное управление» – провод, который используется для контроля или сигнализации о том, что задвижка может управляться в дистанционном или автоматическом режиме.

5. «Общее повреждение» – провод контроля неисправного состояния комплекса задвижки и его электропривода. Разные фирмы включают в этот сигнал различные встроенные защиты от выхода параметров за заданные пределы. В большинстве инструкций и описаний электроприводов и блоков управления фирмами применяется термин «авария», который вполне применим для конкретного аппарата или изделия, но в управлении технологическим объектом может вызвать нежелательные ассоциации; поэтому, на наш взгляд, предпочтительнее применять в данном случае термин «повреждение» или «общее повреждение».

Желательно, чтобы порядок подключения цепей контроля соответствовал приведенному порядку на всех клеммных рейках с цепями контроля состояния задвижек.

Электропитание цепей контроля осуществляется от аппарата защиты FUDі1 через н.з. контакт МTK1 с подключением обратного провода к клемме XTDi:1 от терминальных блоков ТВ.

Терминальные блоки соединяются с фронтальными соединителями модуля Dі посредством фирменных соединительных кабелей ТОРD1.1, ТОРD1.2, ТОРD1.3, ТОРD1.4.

Модуль DO1 изображен на схеме совместно с рейкой зажимов XTD1 на 16 клемм.

На клеммах рейки XTD1:1–XTD1:16 подключены провода цепей управления четырьмя задвижками по два управляющих контакта «закрывать», «открыть» на каждую задвижку. В нашем примере не используется сигнал «стоп» ввиду того, что задвижки нерегулируемые, а переключающие («открыта», «закрыта»). Кроме того, **сигнал «стоп» занимает дискретный выходной канал**, что увеличивает число модулей вывода дискретных сигналов и **поэтому требует обоснования необходимости использования этого сигнала**.

Три провода управления с маркировкой, соответствующей обозначению клемм управления электропривода, подключаются к клеммам XTD1. От этой рейки монтажные провода подключаются к фронтальному соединителю с пружинными клеммами.

Цепи управления объединены с цепями контроля этой же задвижки в общий кабель. Цепи контроля и управления нескольких задвижек могут быть объединены в один общий кабель (маркировка по номеру соединительной коробки).

Электропитание модуля подводится к клеммам L+ и M (1 и 20) модуля DO от аппарата защиты FUD01 и клеммы XTDO:1.

Порядок подключения на клеммы таков:

1. +24 В от источника питания встроенного в электропривод, или от внешнего источника питания, общего для цепей контроля и цепей управления.
2. «Закрывать» – провод для передачи дискретного сигнала на закрытие задвижки.
3. «Открыть» – провод дискретного сигнала на открытие задвижки.

17.7. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 21.101-97	СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации
ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
ГОСТ Р 51330.13-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 15. Защита вида n
ОСТ 36.13-90	Щиты и пульты автоматизации производственных процессов

17.8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Агрегатный щит	17.1
Блочный щит.	17.1
Внутренняя сторона щита	17.4.2
Вспомогательный щит	17.1
Каркас.	17.2
Корпус пульта	17.2
Местный щит	17.1
Минимальный состав эскизного чертежа	17.5
Панель с каркасом.	17.2
Пульт	17.2
Статив.	17.2
Статив плоский	17.2
Стойка	17.2
Фасадная сторона	17.4.2
Центральный щит.	17.1
Шкаф	17.2
Шкаф малогабаритный.	17.2
Щит	17.2
Щит шкафной	17.2
Щит шкафной малогабаритный.	17.2

Рисунок 17.Р1

Перечень аппаратуры на панели (форма)

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
15	60	80	10	20
		185		

Рисунок 17.Р2

Надписи в рамках/световых табло (форма)

Номер надписи	Текст надписи	Кол.
15	70	10
		95

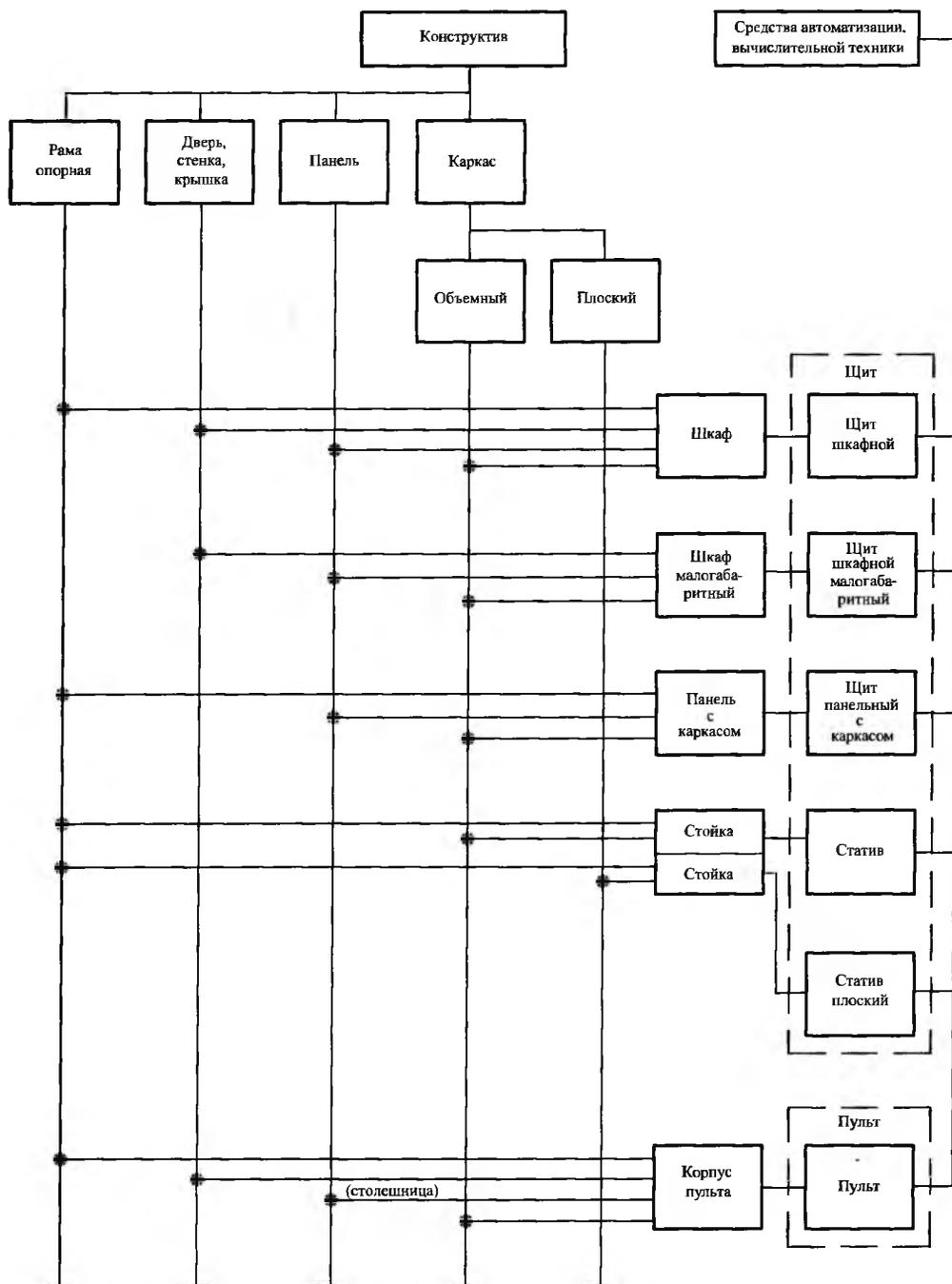
Рисунок 17.Р3

Спецификация щита (форма)

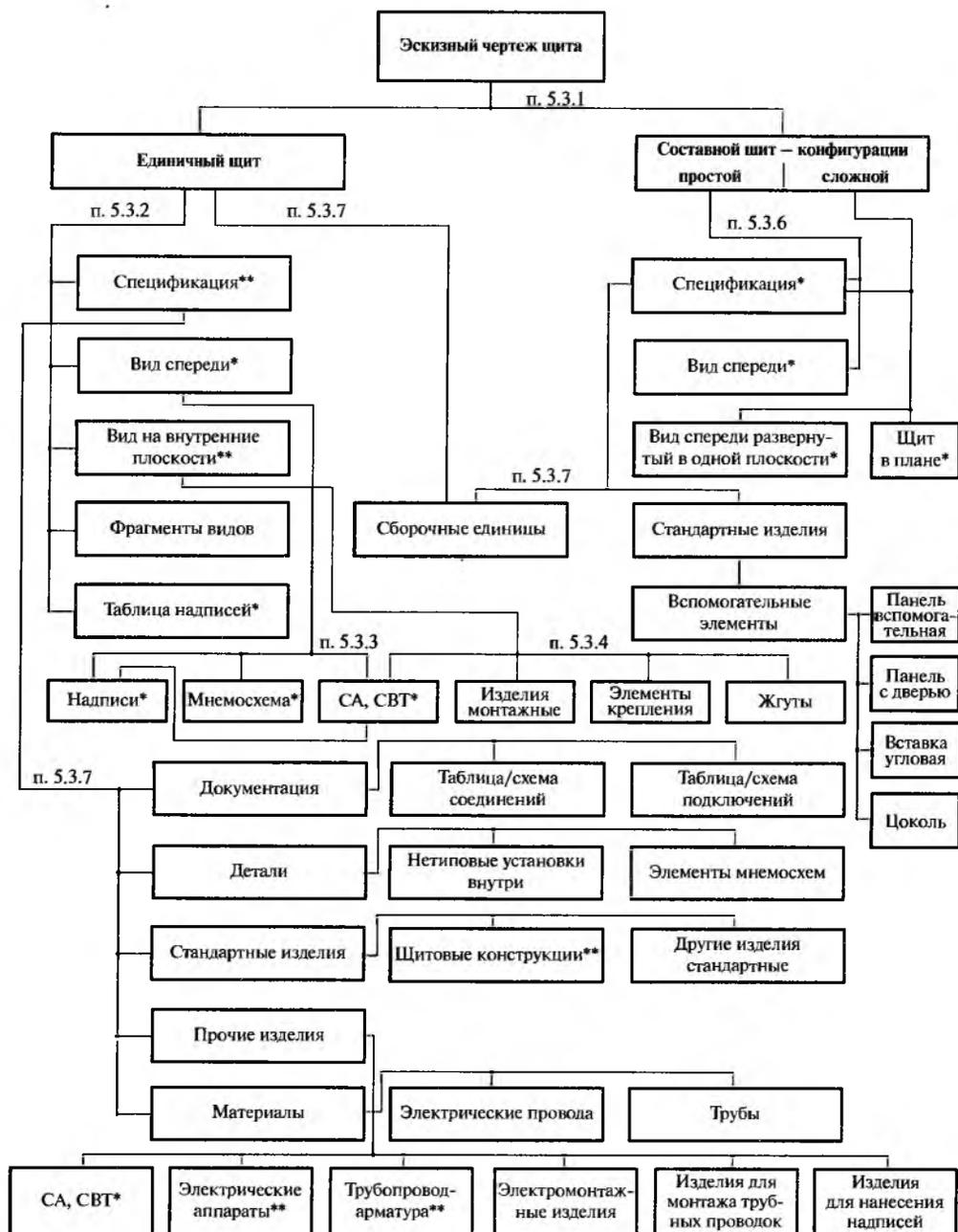
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
15	60	65	10	15	20
		185			

Схема 17.Сх1

Структура щитовой продукции



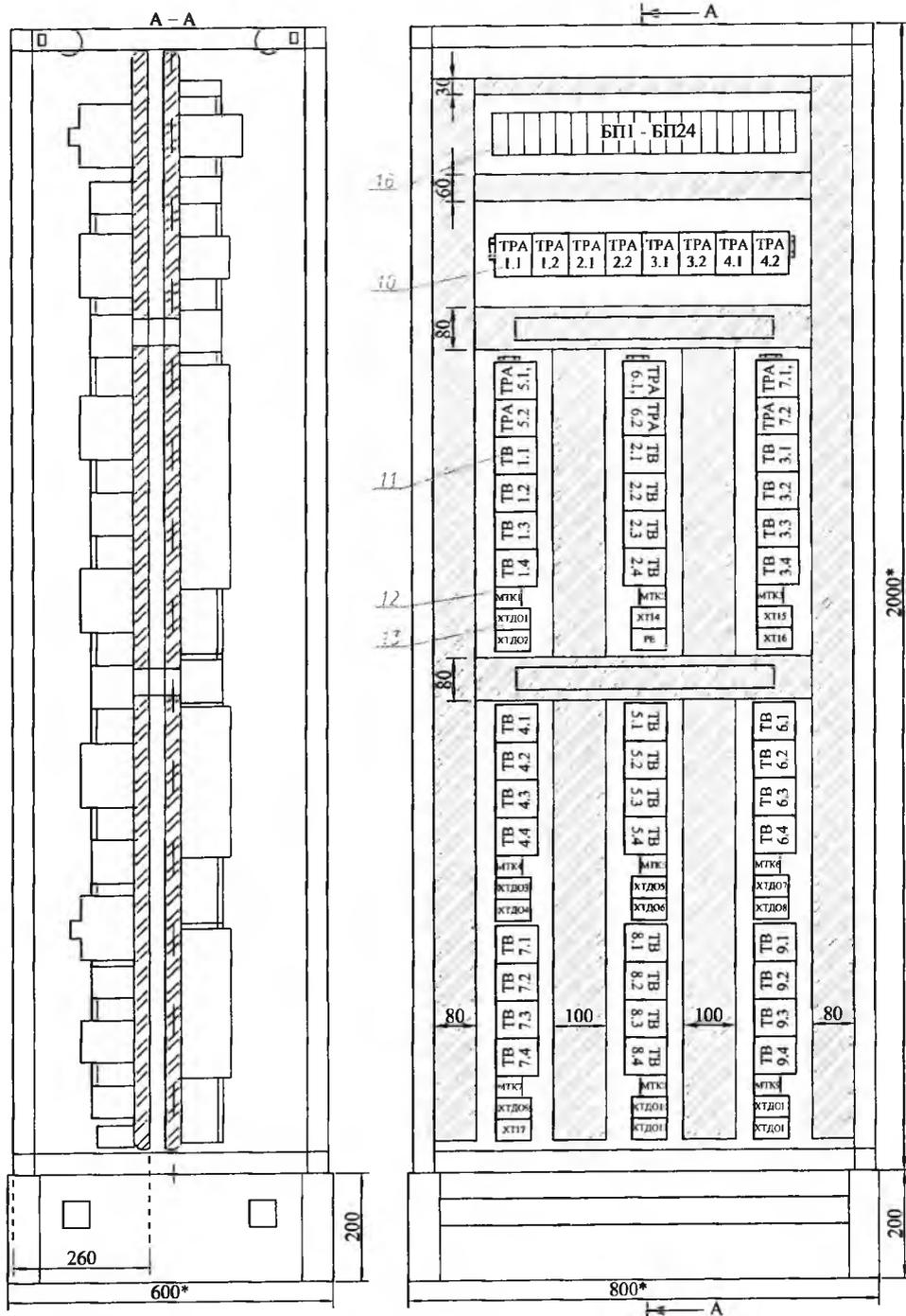
Состав эскизного чертежа общего вида щита по ГОСТ 21.408-93



* Входит в минимальный состав эскизного чертежа общего вида.

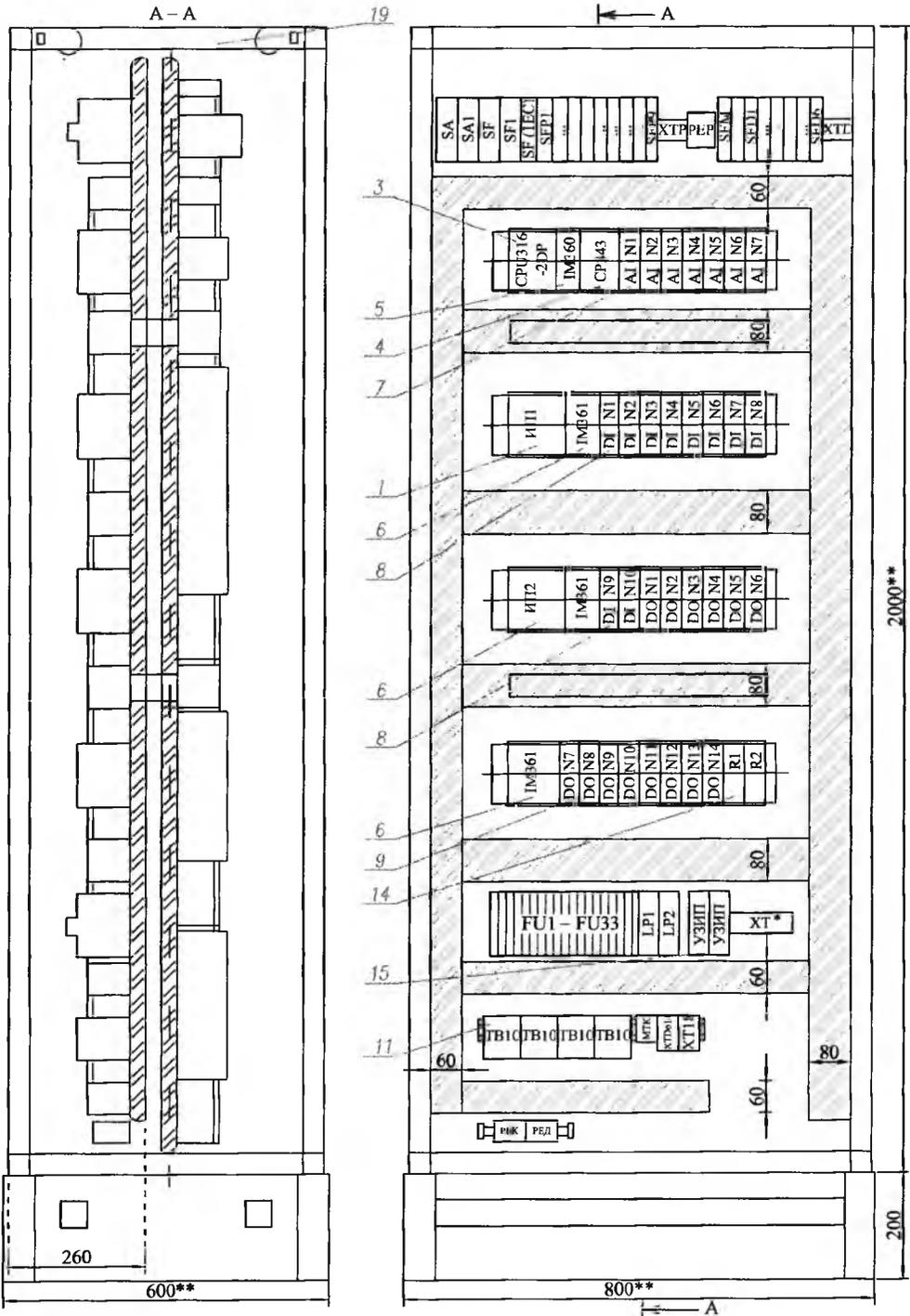
** Входит в минимальный состав эскизного чертежа с возможностью его корректировки и изменения, согласованного с проектировщиком АСУТП.

Вид спереди и вид на внутренние плоскости единичного щита



* Размер для справок.

Окончание схемы 17.Сх3



* Резерв.

** Размер для справок.

Общий вид составного щита

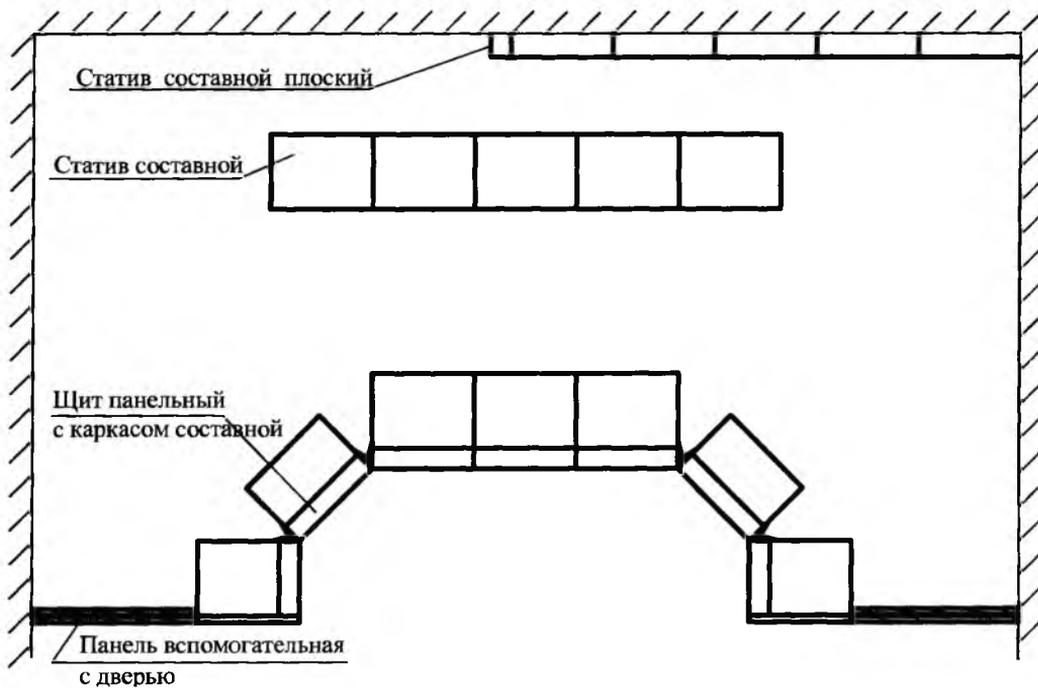
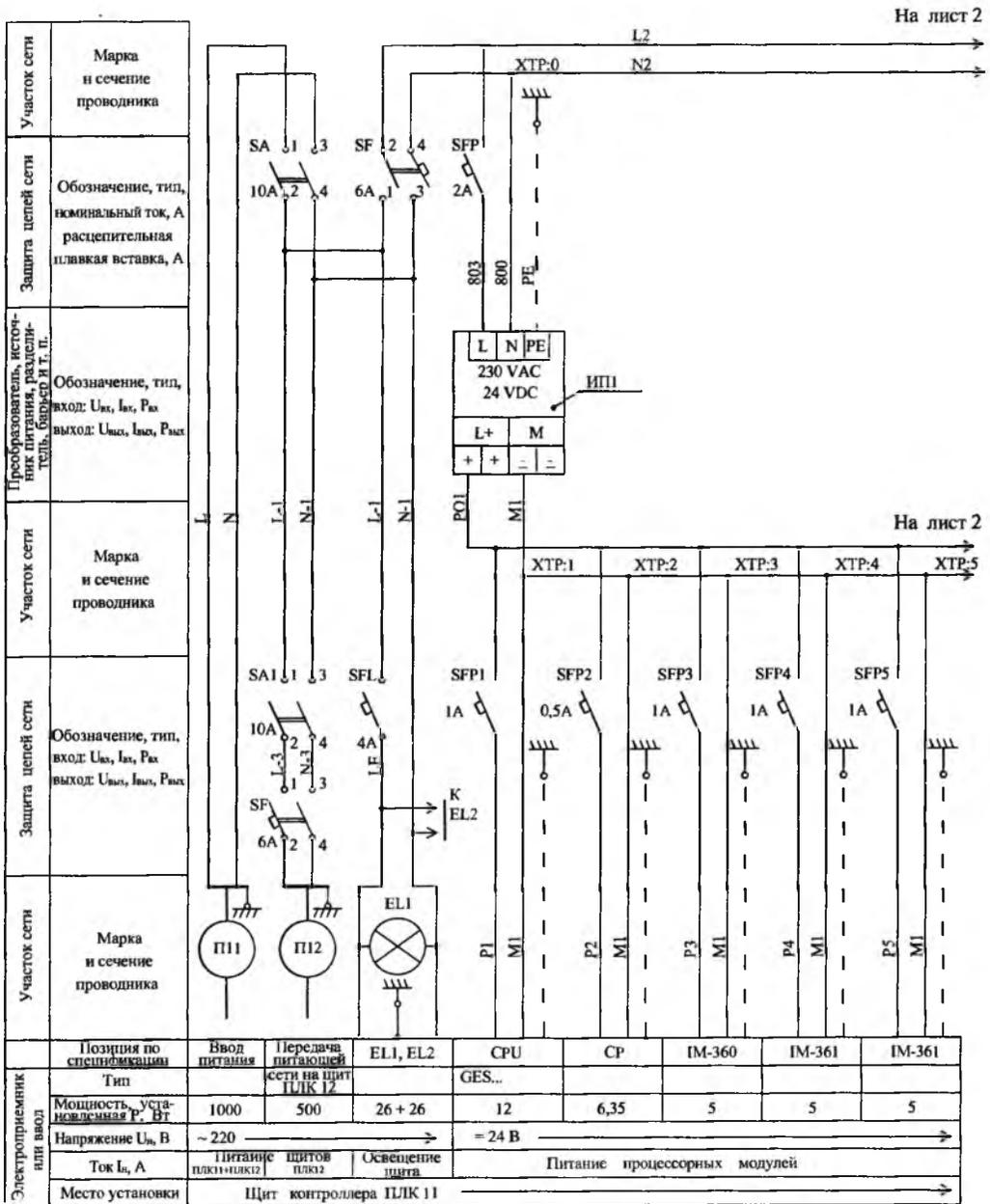
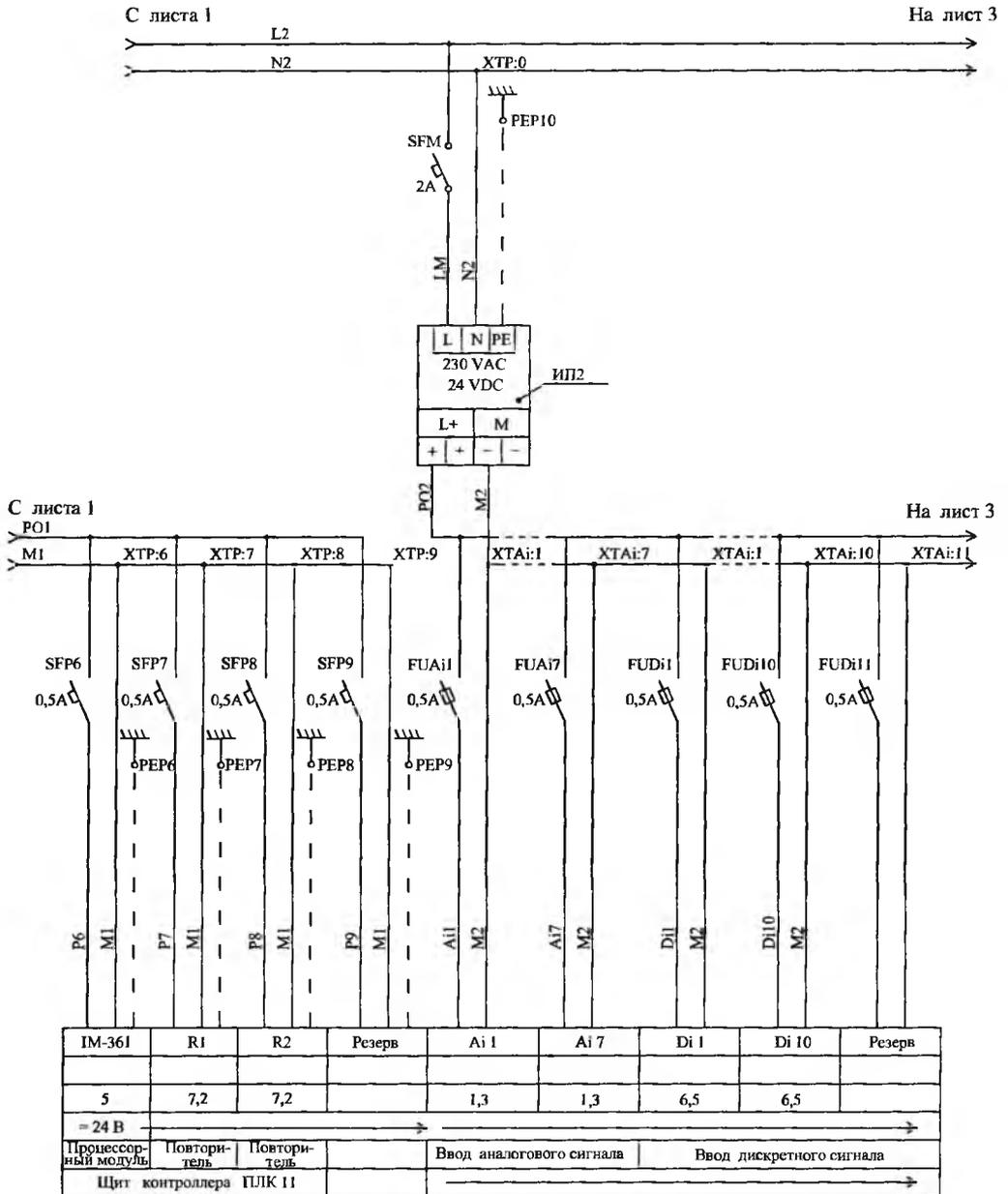


Схема электрического питания щита ПЛК



Электроприемник или ввод	Позиция по спецификации	Ввод питания	Передача питающей сети на щит ПЛК 11	EL1, EL2	CPU	CP	IM-360	IM-361	IM-361
	Тип				GES...				
	Мощность, установленная Р, Вт	1000	500	26 + 26	12	6,35	5	5	5
	Напряжение U _н , В	~ 220			= 24 В				
	Ток I _н , А		Питание пк1+пк12	Щитов пк2	Освещение щита	Питание процессорных модулей			
Место установки	Щит контроллера ПЛК 11								

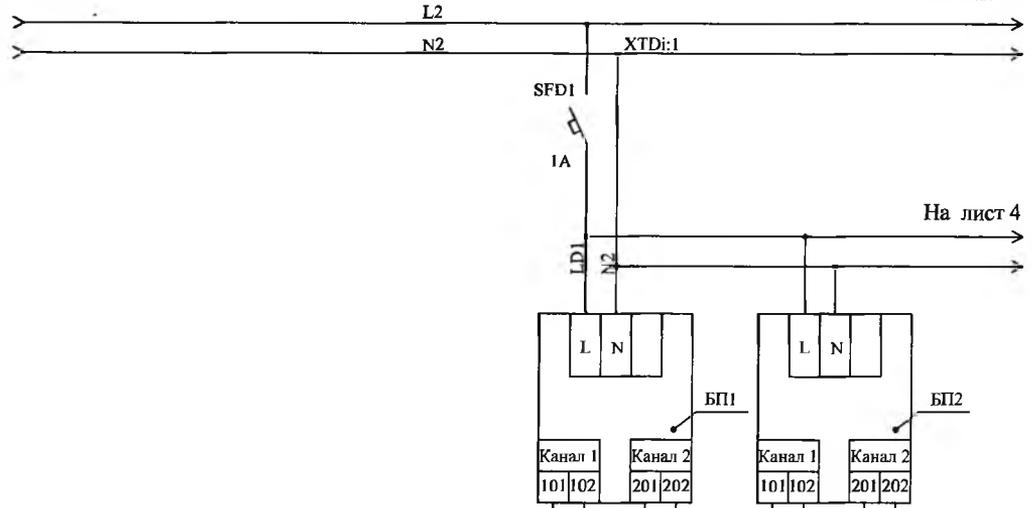
Продолжение схемы 17.Сх5



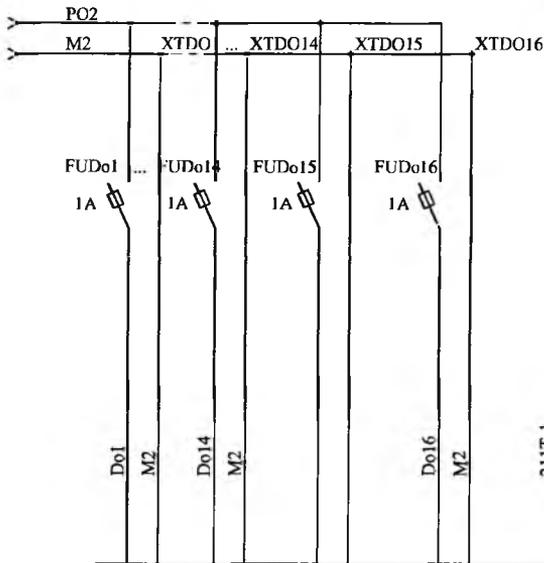
Продолжение схемы 17.Сх5

С листа 2

На лист 4



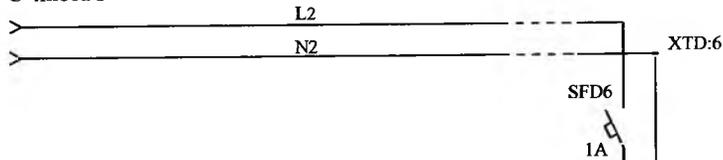
С листа 2



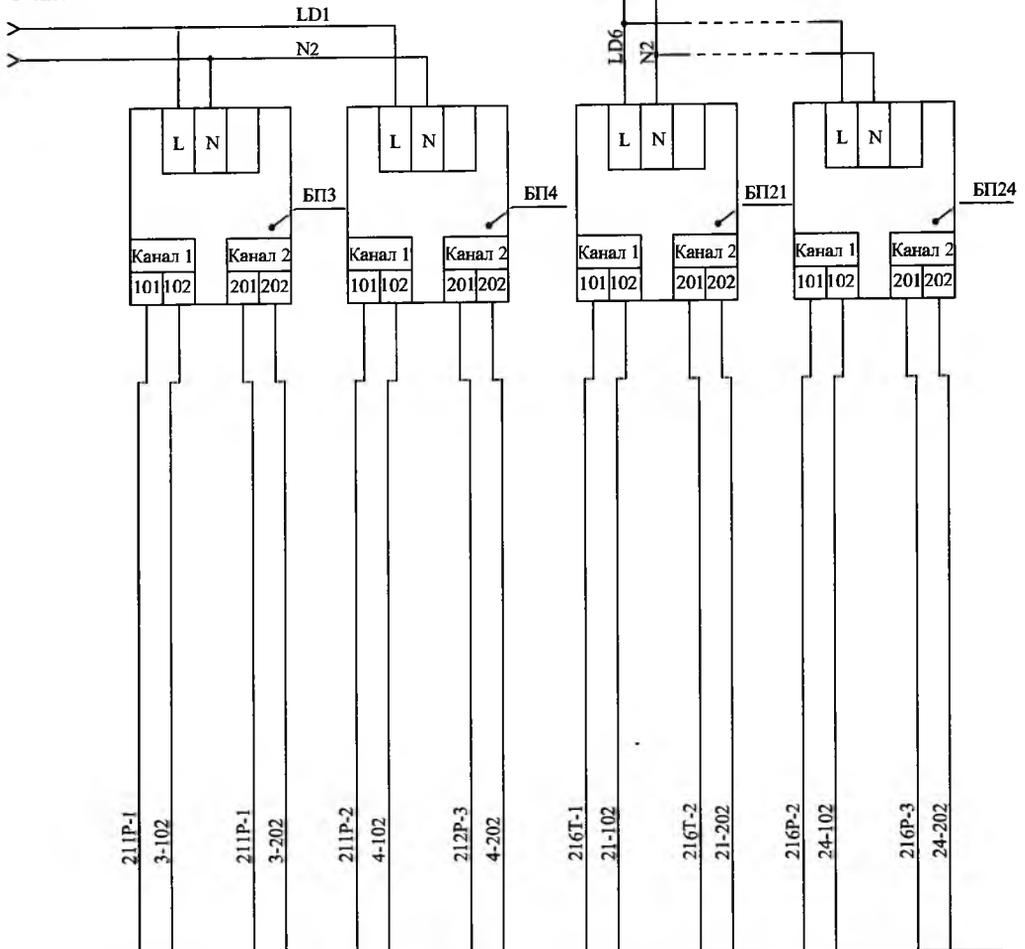
Do1	Do4	Резерв	HL	211TIR-1	211TIR-2	211TIR-3	211TIR-4
			8040/1150	Термометр сопротивления			
4,2	4,2		3,0	0,5	0,5	0,5	0,5
= 24 В				= 24 В			
Вывод дискретного сигнала				Температура			
Щит контроллера ПЛК 11				Насосная станция мазута № 17			

Продолжение схемы 17.Сх5

С листа 3

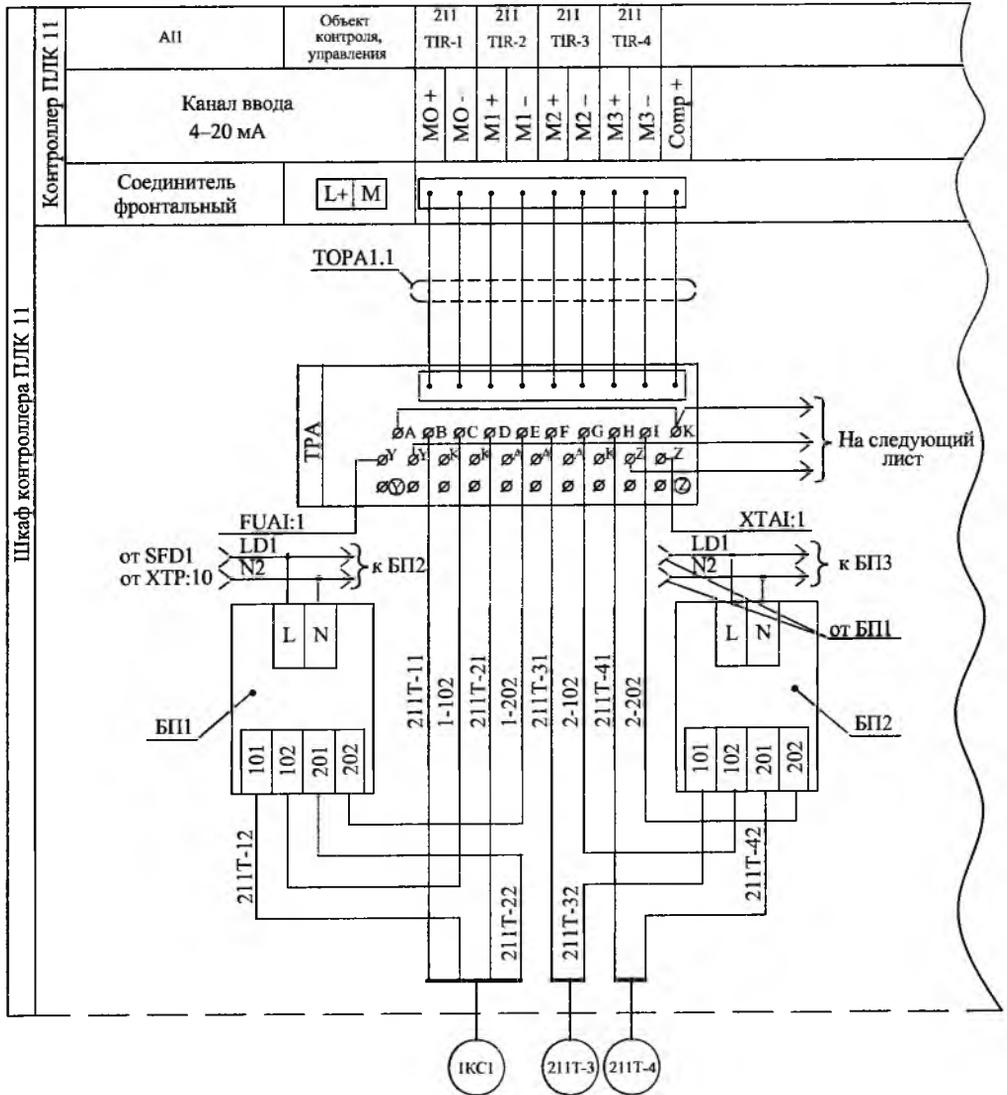


С листа 3

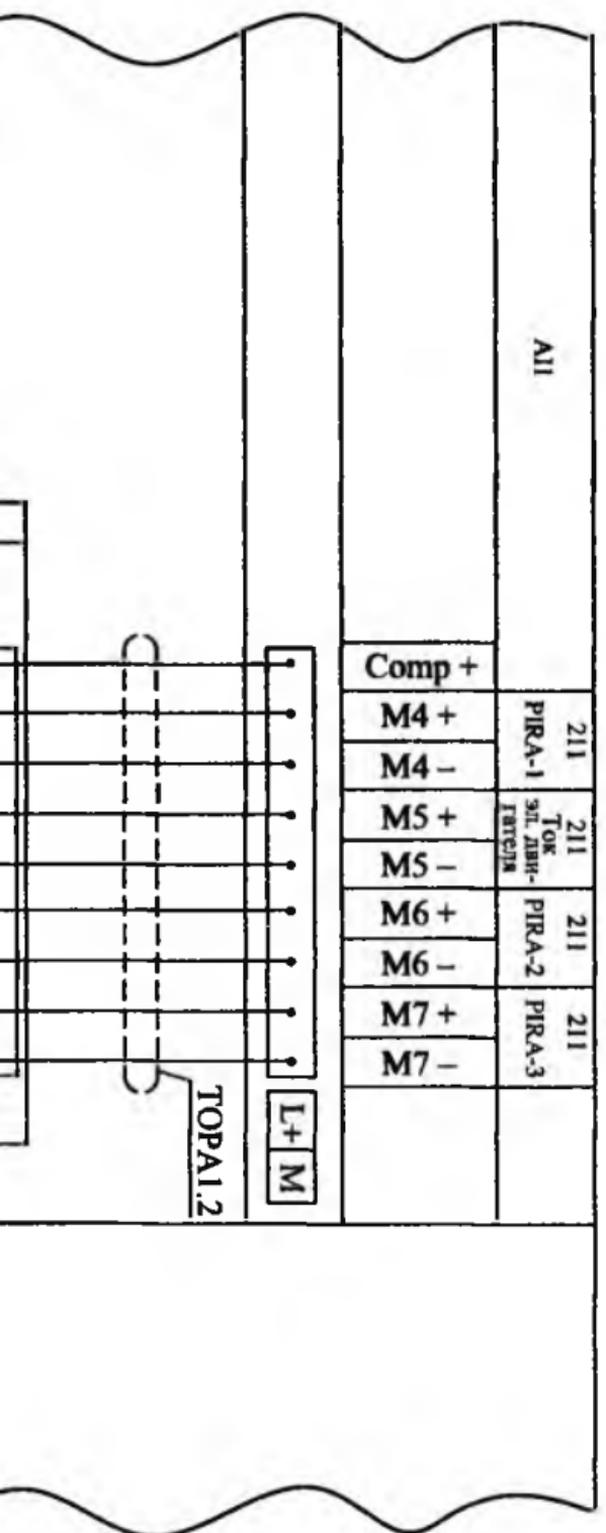


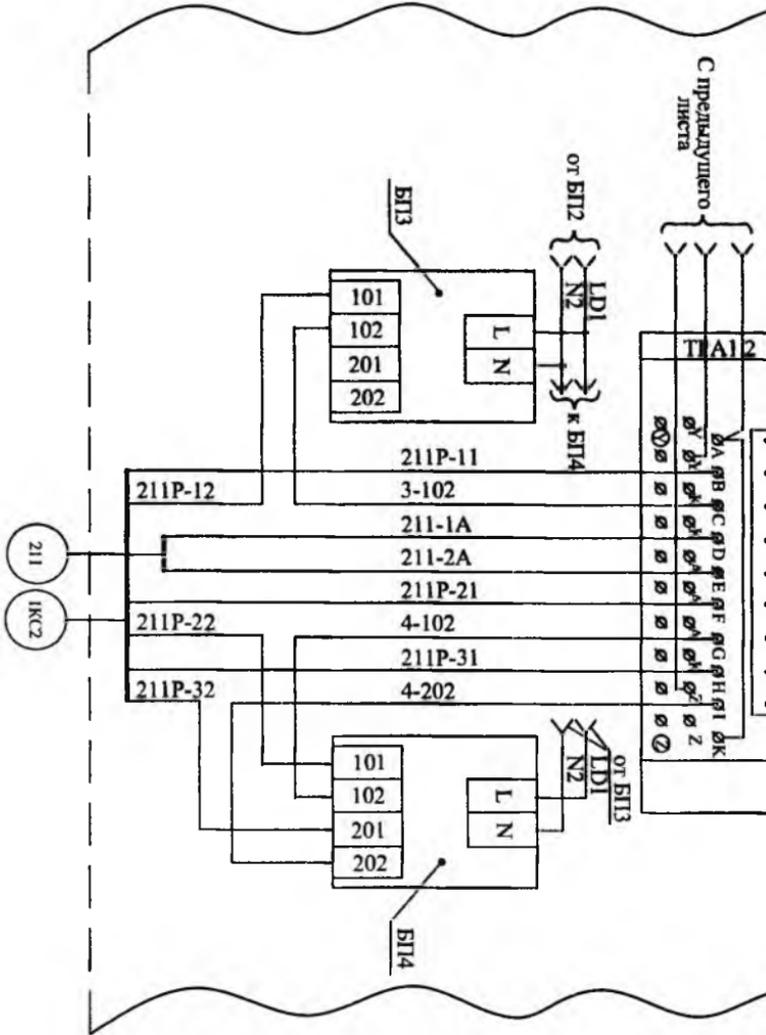
211PiRA-1	211	211PiR-2	211PiR-3	216TiR-1	216TiR-2	216PiR-2	216PiR-3
Манометр	—	Мано- вакуумметр	Манометр	Термометр сопротивления		Мановакуум- метр	Манометр
0,5	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
= 24 В →				= 24 В →			
Давление перед фильтром	Ток двигателя	Давление перед насосом	Давление после насоса	Температура		Давление перед насосом	Давление после насоса
Н/С № 21	ЩСУ 21	Насосная станция мазута № 21		Насосная станция мазута № 26			

Схема соединений и подключений контроллера ПЛК 11



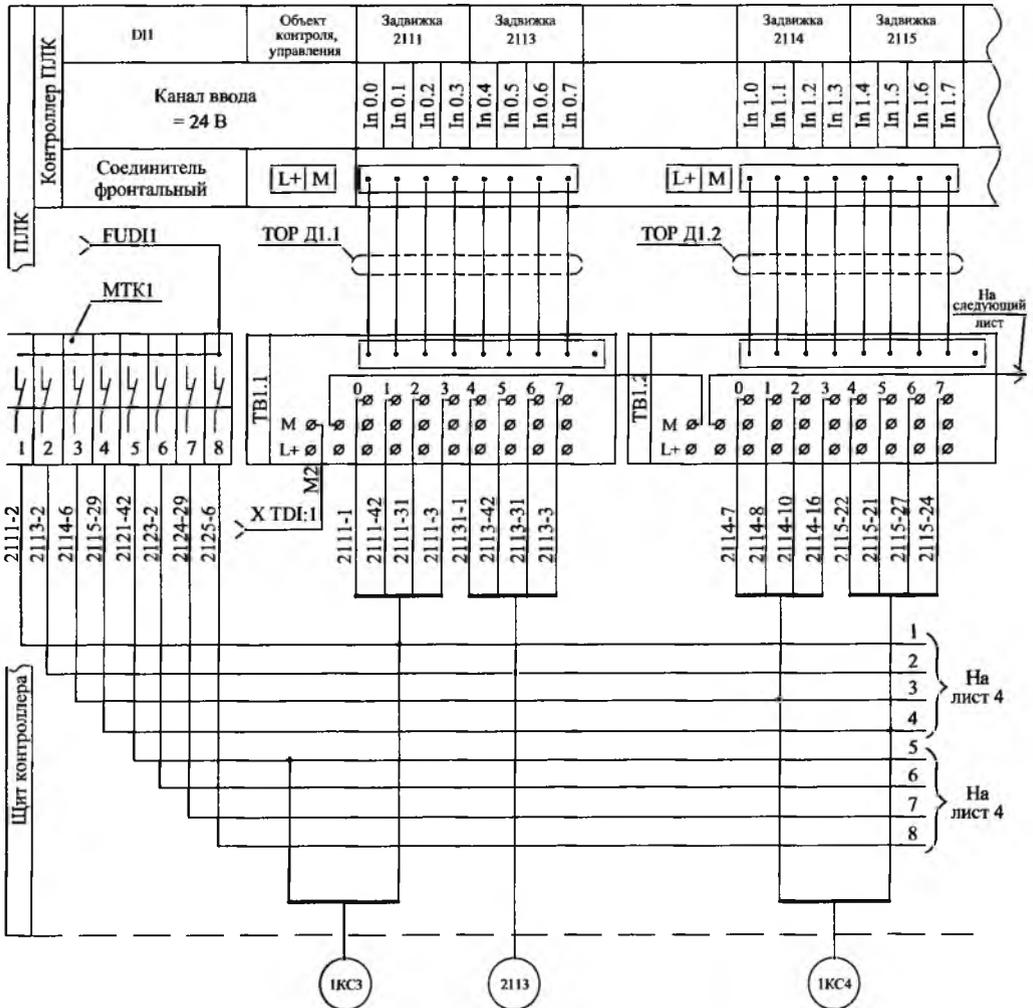
Продолжение схемы 17.Сх6



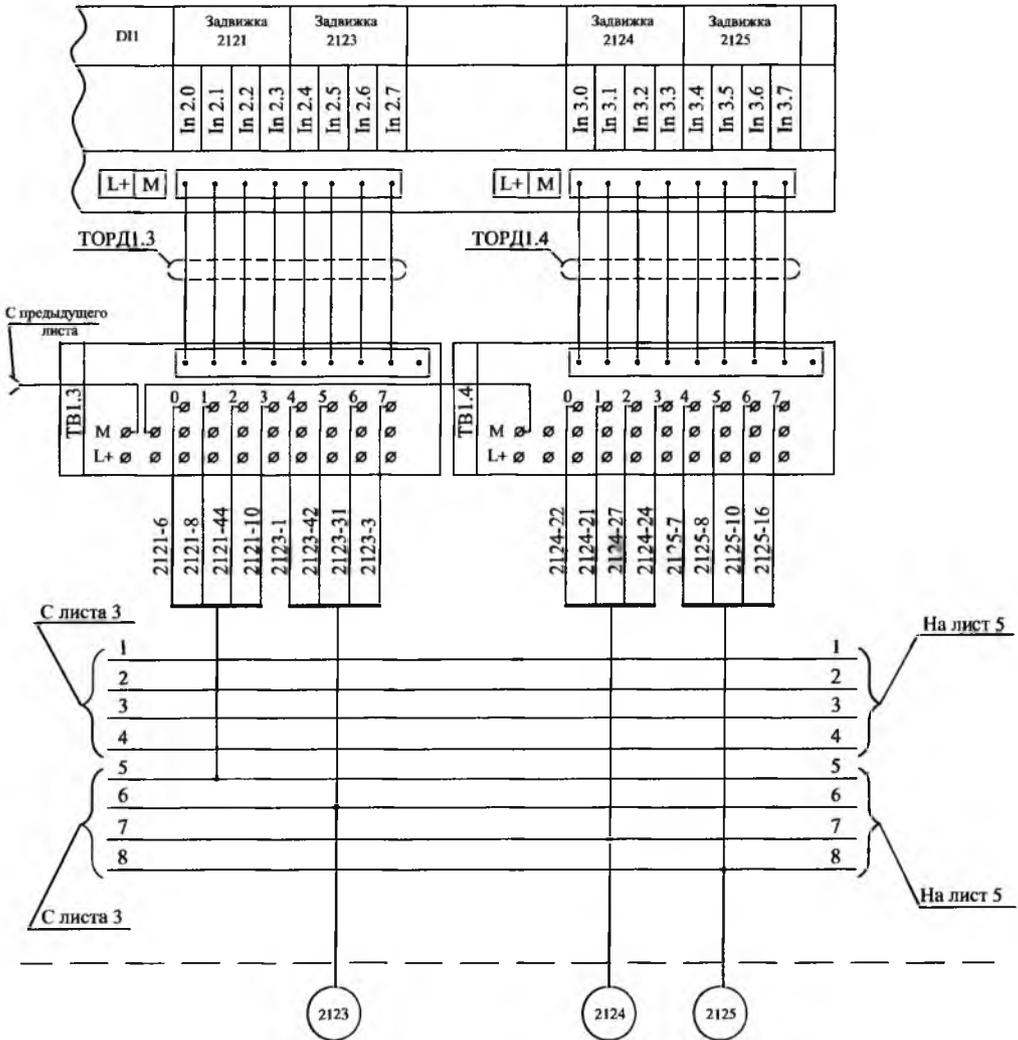


211
IKC2

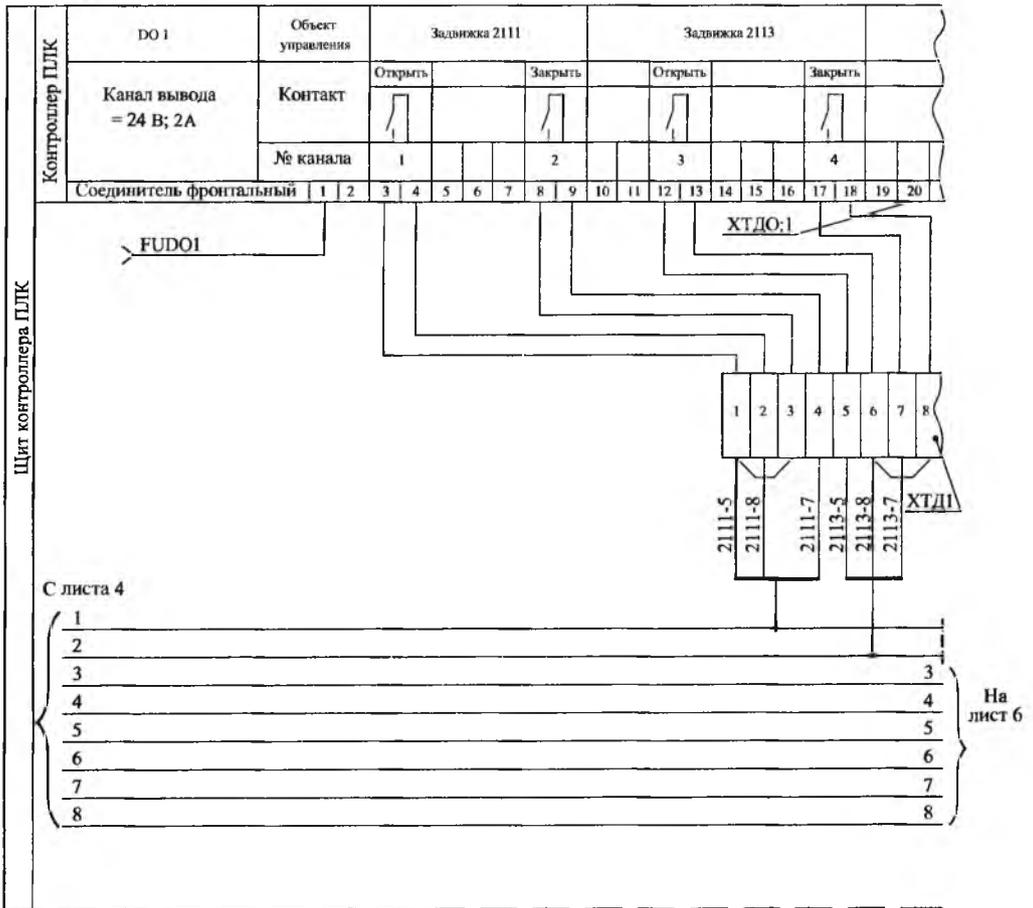
Продолжение схемы 17.Схб



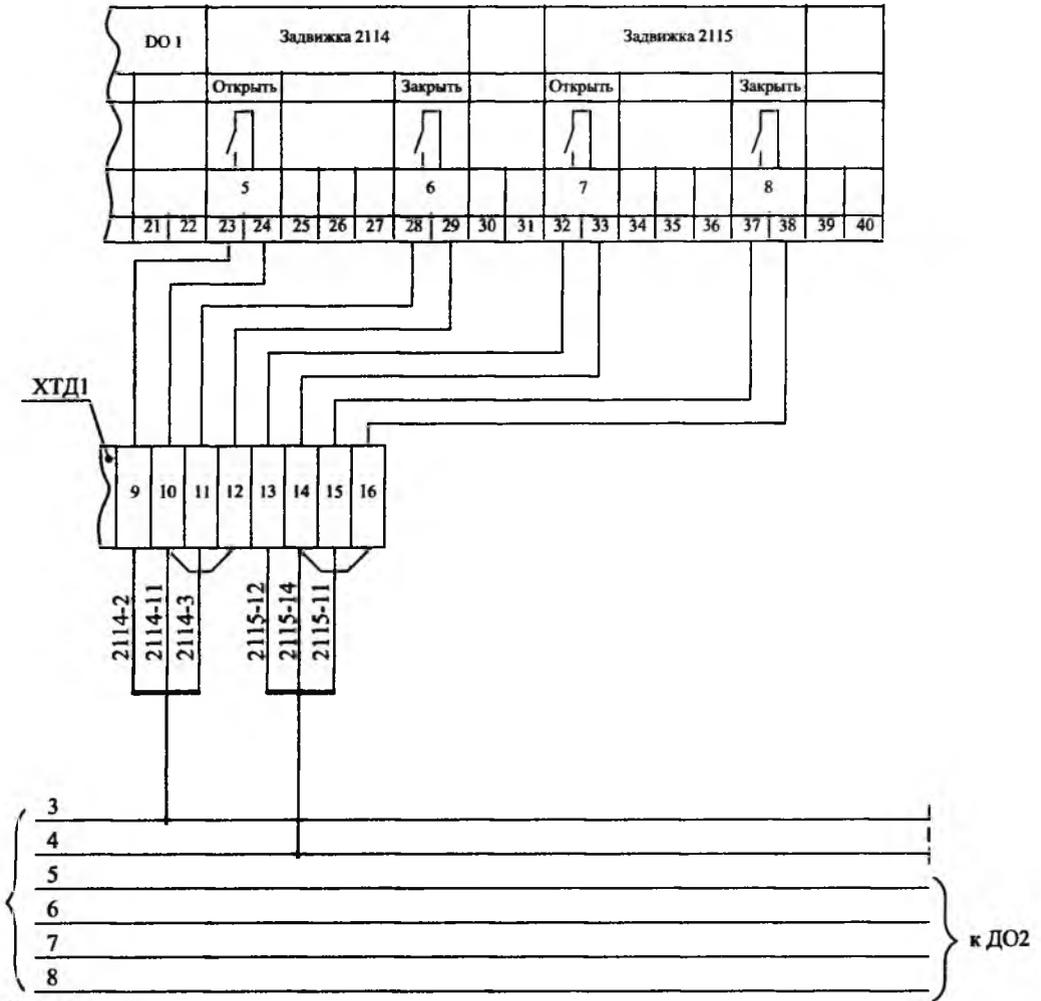
Продолжение схемы 17.Сх6



Продолжение схемы 17.Схб



Окончание схемы 17.Сх6



С листа 5

Схема 17.Сх7

Схема подключения процессорных модулей и источников питания щита ПЛК11

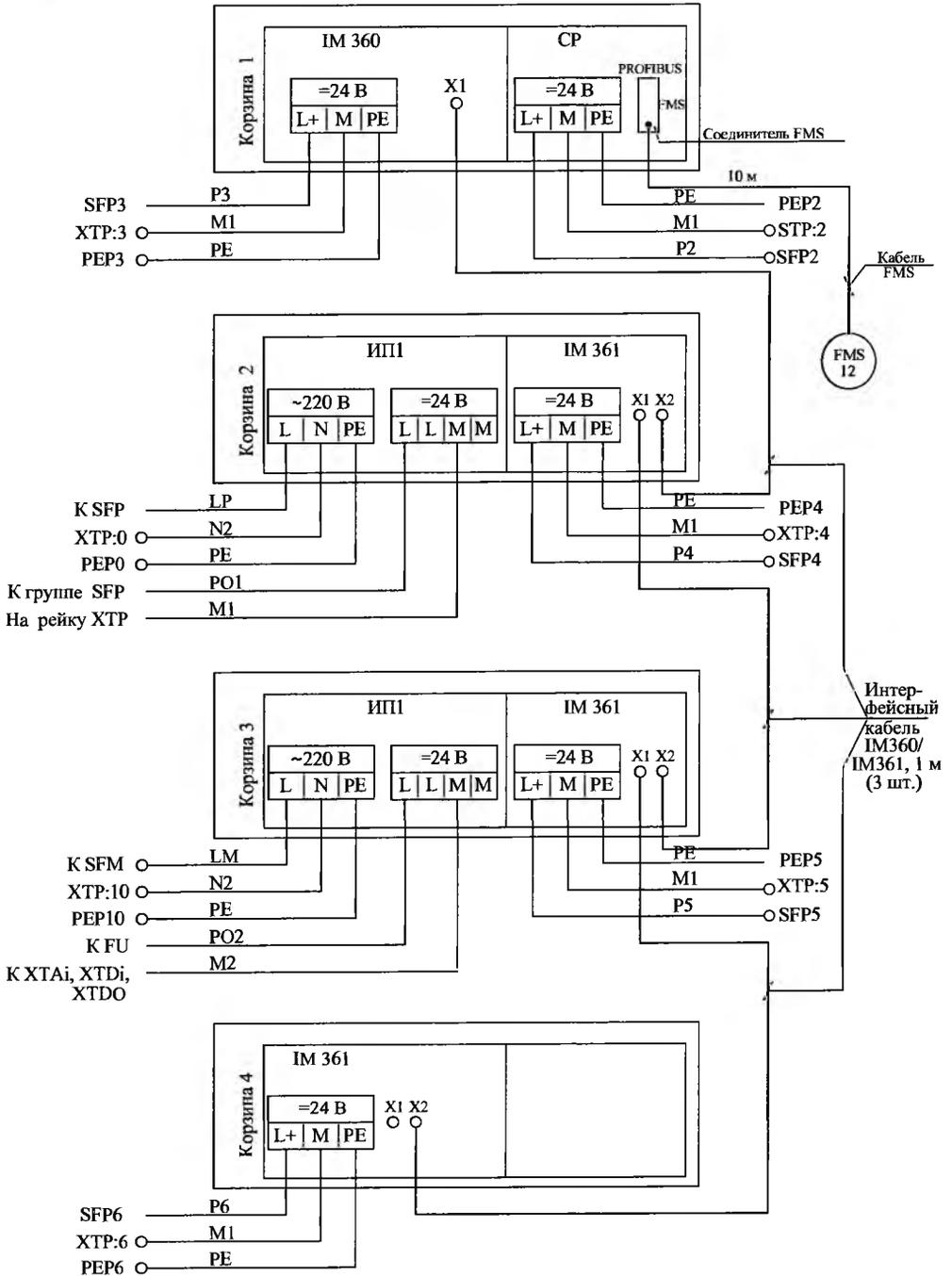
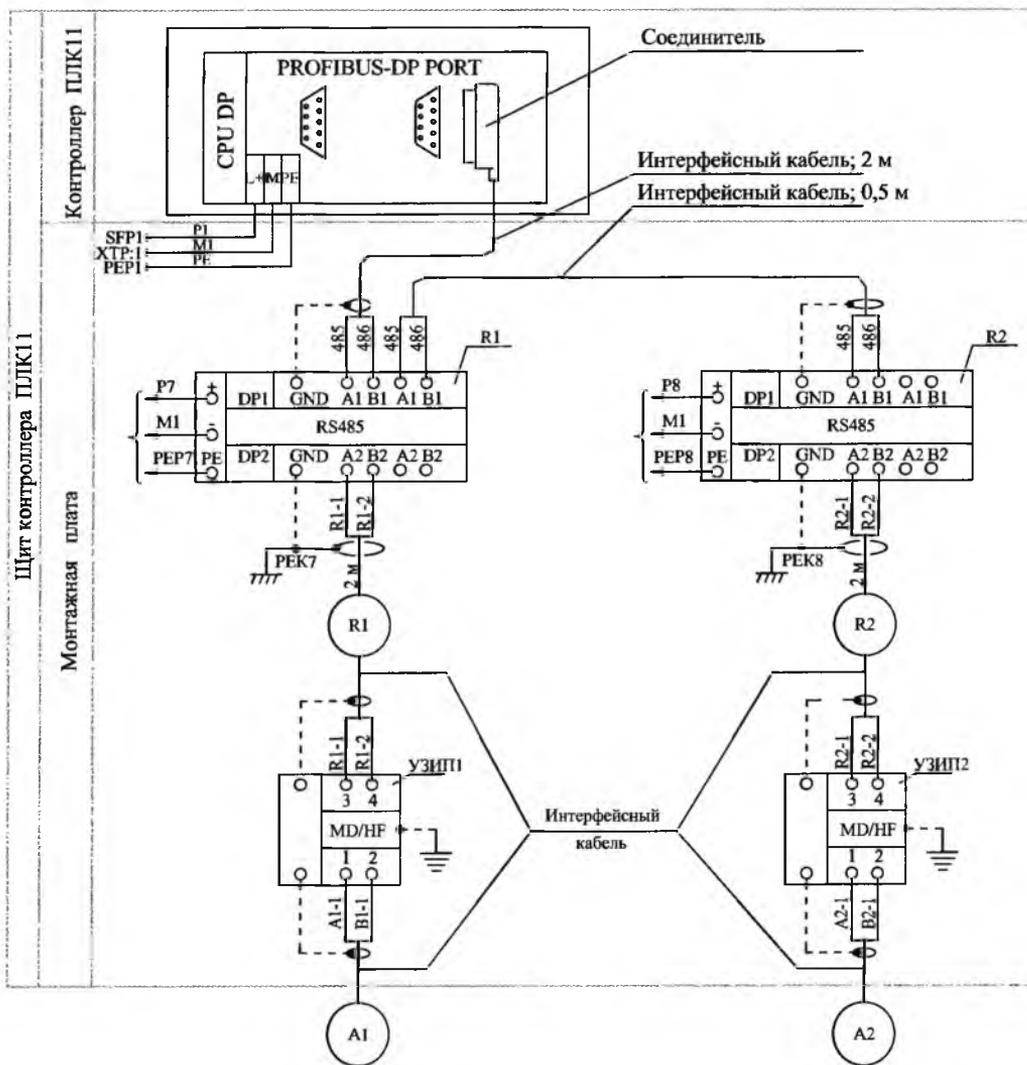


Схема 17.Сх8

Схема соединения и подключения сети PROFIBUS-DP щита ПЛК11



Окончание схемы 17.Сх8

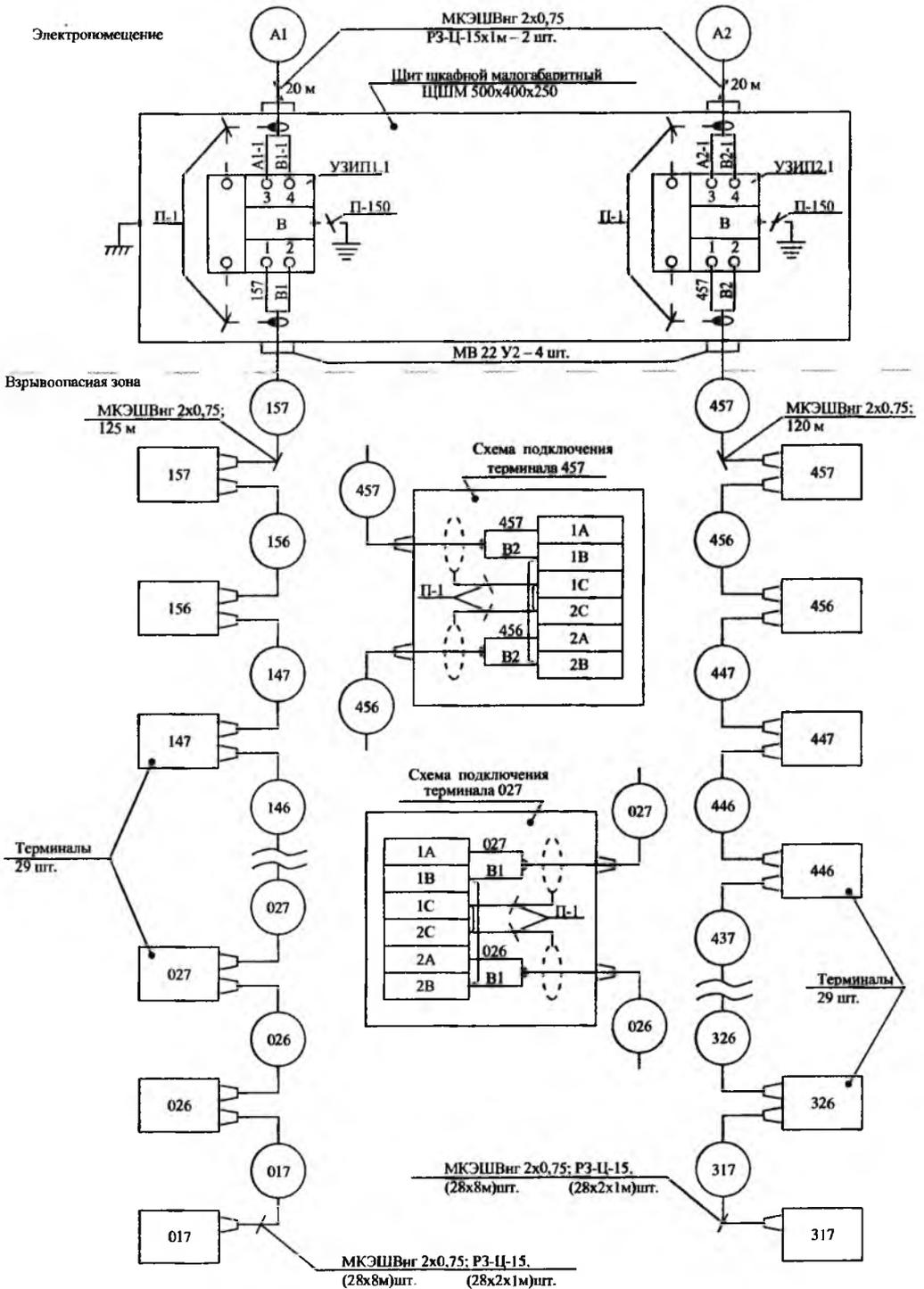


Таблица 17.Т1

Распределение объектов контроля и управления по модулям ввода/вывода и повторителям, установленным в шкафу контроллера ПЛК

Повторитель, модуль	Оборудование объекта управления										Корзина №	
	Задвижки электропроводные				Первичный преобразователь			Насос (6)	Кнопки готовности (6)	Клапан регулируемый (6)		Регистр входа/выхода
	С обжим интерфейсом (58)	Теплообменника (24)	Коллектора (12)	Ручные (15)	Температура (24)	Давление (18)	Уровень (12)					
R 1	29											4
R 2	29											4
Ai 1					4	3		1				1
2					4	3		1				1
3					4	3		1				1
4					4	3		1				1
5					4	3		1				1
6					4	3		1				1
7										6	2	1
Di 1		8										2
2				15							2	2
3							12		6		14	2
4		8										2
5		8										2
6			8									2
7			4								16	2
8										6	8	2
9								6			14	3
10											32	3
Do 1		4										3
2		4										3
3		4										3
4		4										3
5		4										3
6		4										3
7			4									3
8			4									3
9			4									3
10										4		3
11										2	4	4
12								4				4
13								2			4	4
14											8	4

В таблице приведено количество объектов контроля и управления без их позиционного обозначения.

Таблица 17.Т2

Перечень аппаратуры и щитовой продукции ПЛК

Порядковый номер	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Средства вычислительной техники (поставка Заказчика)				
1	ИП1	Источник питания PS 307, 2А, одноканальный, ~230/≈24 В	1	
2	ИП2	Источник питания PS 307, 5А, одноканальный, ~230/≈24 В	1	
3	CPU	Центральный процессорный блок CPU 316-2DP	1	
4	CP	Коммуникационный процессор CP 343-5, PROFIBUS-FMS	1	
5	IM-360	Интерфейсный модуль IM-360	1	
6	IM-361	Интерфейсный модуль IM-361	3	
7	Ai	Модуль аналогового ввода 4–20 мА, SM 331,8 каналов с изоляцией	7	
8	Di	Модуль ввода дискретных сигналов, ≈24 В, 32 входа с оптической изоляцией, 1 группа, SM 321	10	
9	Do	Модуль вывода дискретных сигналов SM 322, 8 релейных выходов с оптической изоляцией 230 В, 5 А	14	
		Интерфейсный кабель IM 360/ IM 361, 1 м	3	
		Соединитель фронтальный для модулей Ai, 8 входов	7	Элемент модуля
		То же для модулей Di, 40-полюсный	10	То же
		То же для модулей Do, 40-полюсный	14	То же
10	ТРА1.1, ТРА1.2, ..., ТРА7.1, ТРА7.2	Терминальный блок для модулей Ai-ТРА	14	
11	ТВ1.1, ТВ1.2, ТВ1.3, ТВ1.4, ..., ТВ10.1–ТВ10.4	Терминальный блок для модулей Di-ТРЗ	40	
12	МТК1–МТК10	Модуль коммутации терминала блоков	10	
13	ХТД1–ХТД14	Рейка зажимов, 16 клемм	14	
	ТОР	Соединительный кабель, пружинные контакты	54	
Телекоммуникационное оборудование (поставка Заказчика)				
14	R1, R2	Повторитель PROFIBUS-DP, ≈24 В, RS 485	2	
15	УЗИП1, УЗИП2	Устройство защиты от импульсных перенапряжений модуль MD/HF	2	

Продолжение табл. 17.Т2

Порядковый номер	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Электроаппараты (поставка Заказчика)				
16	БП1÷БП24	Блок питания двухканальный ~230/=24 В, 1 А	24	
Электроаппаратура (поставка Изготовителя)				
19	EL1, XP1 EL2, XP2	Лампа люминесцентная, с выключателем, розетка (в комплекте)	2	
	SA, SA1	Двухполюсный выключатель, 220 В, 10 А	2	~220 В
	SF	Двухполюсный автоматический выключатель, 6 А	1	~220 В
	SFP SFM	Однополюсный автоматический выключатель, 2 А	2	~220 В
	SFL	Однополюсный автоматический выключатель, 4 А	1	~220 В
	SFD1, ..., SFD6	Однополюсный автоматический выключатель, 1А	6	~220 В
	SFP2, SFP6--SFP9	Однополюсный автоматический выключатель, 0,5 А	5	=24 В
	SFP1, SFP3--SFP5	Однополюсный автоматический выключатель, 1 А	4	=24 В
	FUAi1 – FUAi7	Предохранитель с плавкой вставкой, 0,5 А	7	=24 В
	FUDi1 – FUDi11	Выключатель автоматический однополюсный, 0,5 А	11	=24 В
	FUDo1 – FUDo16	Выключатель автоматический однополюсный, 1 А	16	=24 В
Изделия для электромонтажа				
	XTP	Рейка зажимов на число клемм, равное	10	
	XTM	Рейка зажимов на число клемм, равное	7	
	XTDi	Рейка зажимов на число клемм, равное	10	
	XTDo	Рейка зажимов на число клемм, равное	14	
	XTD	Рейка зажимов на число клемм, равное	6	
	PE	Рейка на 8 зажимов для заземления реск	1	
	PEP	Рейка на 16 зажимов для заземления ПЛК	1	
	PEK	Рейка на 16 зажимов заземления экранов кабелей	1	
	PEД	Рейка зажимов на 16 клемм	1	

Окончание табл. 17.Т2

Порядковый номер	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щитовая продукция				
17		Щит шкафной 2000 × 800 × 600	1	
		В комплекте:		
		— дверь передняя/задняя со стандартным замком	2	
		— монтажная панель с креплениями для кабелей	2	
		— боковая панель	2	
		— карман для документов	2	
18		Подставка (цоколь) 200 × 800 × 600	1	
		В комплекте:		
		— панель передняя/задняя	2	
		— панель боковая	2	
		Короб для прокладки кабелей и проводов (W × H) 30 × 80, l = 2000 мм	3	
		Короб для прокладки кабелей и проводов (W × H) 60 × 80, l = 2000 мм	6	
		Короб для прокладки кабелей и проводов (W × H) 80 × 80, l = 2000 мм	2	
Короб для прокладки кабелей и проводов (W × H) 100 × 80, l = 2000 мм	1			
		Монтажная рейка 35/7,5 l = 2000 мм	6	

Таблица 17.Т3

Таблица соединений контроллера щита ПЛК

Номера цепей	Соединения
L1	$\frac{SA}{2} \frac{SA1}{1} \frac{SF}{1} \frac{SFL}{1}$
N1	$\frac{SA}{4} \frac{SA1}{3} \frac{SF}{3} \frac{EL1}{2} \frac{EL2}{2}$
L5	$\frac{SA1}{2} \frac{SF}{1}$
N5	$\frac{SA1}{4} \frac{SF}{3}$
L _E	$\frac{SFL}{2} \frac{EL1}{1} \frac{EL2}{1}$
L2	$\frac{SF}{2} \frac{SFP}{1} \frac{SFM}{1} \frac{SFD1}{1} \frac{SFD2}{1} \frac{SFD3}{1} \frac{SFD4}{1} \frac{SFD5}{1} \frac{SFD6}{1}$
N2	$\frac{SF}{4} - XTP:0 - XTP:10;$ $XTP:0 - \frac{ИП1}{N}; \quad XTP:10 - \frac{ИП2}{N};$ $XTP:1 - \frac{БП1}{N} \frac{БП2}{N} \frac{БП3}{N} \frac{БП4}{N};$ $XTP:2 - \frac{БП5}{N} \frac{БП6}{N} \frac{БП7}{N} \frac{БП8}{N};$ $XTP:3 - \frac{БП9}{N} \frac{БП10}{N} \frac{БП11}{N} \frac{БП12}{N};$ $XTP:4 - \frac{БП13}{N} \frac{БП14}{N} \frac{БП15}{N} \frac{БП16}{N};$ $XTP:5 - \frac{БП17}{N} \frac{БП18}{N} \frac{БП19}{N} \frac{БП20}{N};$ $XTP:6 - \frac{БП21}{N} \frac{БП22}{N} \frac{БП23}{N} \frac{БП24}{N}$
LP	$\frac{SFP}{2} \frac{ИП1}{L};$
LM	$\frac{SFM}{2} \frac{ИП2}{L};$
LD1	$\frac{SFD1}{2} \frac{БП1}{L} \frac{БП2}{L} \frac{БП3}{L} \frac{БП4}{L};$
LD2	$\frac{SFD2}{2} \frac{БП5}{L} \frac{БП6}{L} \frac{БП7}{L} \frac{БП8}{L};$
LD3	$\frac{SFD3}{2} \frac{БП9}{L} \frac{БП10}{L} \frac{БП11}{L} \frac{БП12}{L};$

Продолжение табл. 17.Т3

Номера штен	Соединения
LD4	$\frac{SFD4}{2} \frac{БП13}{L} \frac{БП14}{L} \frac{БП15}{L} \frac{БП16}{L};$
LD5	$\frac{SFD5}{2} \frac{БП17}{L} \frac{БП18}{L} \frac{БП19}{L} \frac{БП20}{L};$
LD6	$\frac{SFD6}{2} \frac{БП21}{L} \frac{БП22}{L} \frac{БП23}{L} \frac{БП24}{L};$
PO1	$\frac{ИП1}{L+} \frac{SFP1}{1} \frac{SFP2}{1} \frac{SFP3}{1} \frac{SFP4}{1} \frac{SFP5}{1} \frac{SFP6}{1} \frac{SFP7}{1} \frac{SFP8}{1} \frac{SFP9}{1};$
M1	$\frac{ИП1}{M-} - XTP:1 - XTP:2 - XTP:3 - XTP:4 - XTP:5 - XTP:6 - XTP:7 - XTP:8 - XTP:9;$
PO2	$\frac{ИП2}{L+} \frac{FUA11}{1} \dots \frac{FUA17}{1} \frac{FUD11}{1} \dots \frac{FUDI11}{1} \frac{FUDO1}{1} \dots \frac{FUDO16}{1};$
M2	$\frac{ИП2}{M-} - XTAI:1 - \dots - XTAI:7 - XTDI:1 - \dots - XTDI:11 - XTDO:1 - \dots - XTDO:16;$
P1	$\frac{SFP1}{2} \frac{CPU}{L+};$
M1	$XTP:1 - \frac{CPU}{M};$
P2	$\frac{SFP2}{2} \frac{CP}{L+};$
M1	$XTP:2 - \frac{CP}{M};$
P3	$\frac{SFP3}{2} \frac{IM360}{L+};$
M1	$XTP:3 - \frac{IM360}{M};$
P4	$\frac{SFP4}{2} \frac{IM361/1}{L+};$
M1	$XTP:4 - \frac{IM361/1}{M};$
P5	$\frac{SFP5}{2} \frac{IM361/2}{L+};$
M1	$XTP:5 - \frac{IM361/2}{M};$
P6	$\frac{SFP6}{2} \frac{IM361/3}{L+};$
M1	$XTP:6 - \frac{IM361/3}{M};$

Продолжение табл. 17.Т3

Номера цепей	Соединения
P7 M1	$\frac{SFP7}{2} - \frac{R1}{L+};$ $XTP:7 - \frac{R1}{M};$
P8 M1	$\frac{SFP8}{2} - \frac{R2}{L+};$ $XTP:8 - \frac{R2}{M};$
AI1 M2	$\frac{FUAI1}{2} - \frac{TPA1.1}{Y} - \frac{TPA1.2}{Y};$ $XTAI:1 - \frac{TPA1.1}{Z} - \frac{TPA1.2}{Z};$
AI2 M2	$\frac{FUAI2}{2} - \frac{TPA2.1}{Y} - \frac{TPA2.2}{Y};$ $XTAI:2 - \frac{TPA2.1}{Z} - \frac{TPA2.2}{Z};$
AI3 M2	$\frac{FUAI3}{2} - \frac{TPA3.1}{Y} - \frac{TPA3.2}{Y};$ $XTAI:3 - \frac{TPA3.1}{Z} - \frac{TPA3.2}{Z};$
AI4 M2	$\frac{FUAI4}{2} - \frac{TPA4.1}{Y} - \frac{TPA4.2}{Y};$ $XTAI:4 - \frac{TPA4.1}{Z} - \frac{TPA4.2}{Z};$
AI5 M2	$\frac{FUAI5}{2} - \frac{TPA5.1}{Y} - \frac{TPA5.2}{Y};$ $XTAI:5 - \frac{TPA5.1}{Z} - \frac{TPA5.2}{Z};$
AI6 M2	$\frac{FUAI6}{2} - \frac{TPA6.1}{Y} - \frac{TPA6.2}{Y};$ $XTAI:6 - \frac{TPA6.1}{Z} - \frac{TPA6.2}{Z};$
AI7 M2	$\frac{FUAI7}{2} - \frac{TPA7.1}{Y} - \frac{TPA7.2}{Y};$ $XTAI:7 - \frac{TPA7.1}{Z} - \frac{TPA7.2}{Z};$
DI1 M2	$\frac{FUDI1}{2} - \frac{MTK1}{L1} - \frac{MTK1}{L2} - \dots - \frac{MTK1}{L8};$ $XTDI1 - \frac{TB1.1}{M} - \frac{TB1.2}{M} - \frac{TB1.3}{M} - \frac{TB1.4}{M};$

Продолжение табл. 17.Т3

Номера цепи	Соединения
DI2	$\frac{FUDI2}{2} - \frac{MTK2}{L1} - \frac{MTK2}{L2} - \dots - \frac{MTK2}{L8};$
M2	$XTDI2 - \frac{TB2.1}{M} - \frac{TB2.2}{M} - \frac{TB2.3}{M} - \frac{TB2.4}{M};$
÷	
DI10	$\frac{FUDI10}{2} - \frac{MTK10}{L1} - \frac{MTK10}{L2} - \dots - \frac{MTK10}{L8};$
M2	$XTDI10 - \frac{TB10.1}{M} - \frac{TB10.2}{M} - \frac{TB10.3}{M} - \frac{TB10.4}{M};$
DO1	$\frac{FUDO1}{2} - XTD1:1;$
M2	$XTDO:1 - XTD1:20;$
DO2	$\frac{FUDO2}{2} - XTD2:1;$
M2	$XTDO:2 - XTD2:20;$
÷	
DO14	$\frac{FUDO14}{2} - XTD14:1;$
M2	$XTDO:14 - XTD14:20;$
Связь с полевым оборудованием	
1-102	$\frac{TPA1.1}{C} - \frac{БП1}{102};$
1-202	$\frac{TPA1.1}{E} - \frac{БП1}{202};$
2-102	$\frac{TPA1.1}{G} - \frac{БП2}{102};$
2-202	$\frac{TPA1.1}{I} - \frac{БП2}{202};$
3-102	$\frac{TPA1.2}{C} - \frac{БП3}{102};$
4-102	$\frac{TPA1.2}{G} - \frac{БП4}{102};$
4-202	$\frac{TPA1.2}{I} - \frac{БП4}{202};$
÷	

Продолжение табл. 17.Т3

Номера цепей	Соединения
23-102	$\frac{ТРА6.1}{С} - \frac{БП23}{102};$
23-202	$\frac{ТРА6.1}{Е} - \frac{БП23}{202};$
24-102	$\frac{ТРА6.1}{Г} - \frac{БП24}{102};$
24-202	$\frac{ТРА6.1}{I} - \frac{БП24}{202};$
ТОРА1.1	ТРА1.1 - А11 / 1;
ТОРА1.2	ТРА1.2 - А11 / 2;
÷	
ТОРА6.1	ТРА6.1 - А16 / 1;
ТОРА6.2	ТРА6.2 - А16 / 2;
ТОРД1.1	ТВ1.1 - Д11 / 1;
ТОРД1.2	ТВ1.2 - Д11 / 2;
ТОРД1.3	ТВ1.3 - Д11 / 3;
÷	
ТОРД10.1	ТВ10.1 - Д110 / 1;
ТОРД10.2	ТВ10.2 - Д110 / 2;
ТОРД10.3	ТВ10.3 - Д110 / 3;
ТОРД10.4	ТВ10.4 - Д110 / 4
Заземление	
--	ЕЛ1 - РЕ3;
--	ЕЛ2 - РЕ4;

Окончание табл. 17.Т3

Номера цепи	Соединения
—	$\frac{ИП1}{РЕ} - РЕР0;$
—	$\frac{ИП2}{РЕ} - РЕР10;$
—	$\frac{CPU}{РЕ} - РЕР1;$
—	$\frac{CP}{РЕ} - РЕР2;$
—	$\frac{IM360}{РЕ} - РЕР3;$
—	$\frac{IM361/1}{РЕ} - РЕР4;$
—	$\frac{IM361/2}{РЕ} - РЕР5;$
—	$\frac{IM361/3}{РЕ} - РЕР6;$
—	$\frac{R1}{РЕ} - РЕР7;$
—	$\frac{R2}{РЕ} - РЕР8$

Таблица 17.Т4

Маркировка изделий поставки изготовителя

Наименование	Количество	Позиция	Обозначение	Поставка изготовителя				Примечание
				SF	FU	XТ	РЕ	
Центральный процессорный блок	1	3	CPU	SFP1,		XТР:1,	РЕР1,	
Коммуникационный процессор	1	4	CP	SFP6		XТР:6	РЕР5	
Интерфейсный модуль	1	5	IM-360					
Интерфейсный модуль	3	6	IM-361					
Источник питания	1	1	ИП1	SFP		XТР:0	РЕР0	
Повторитель	2	14	R1, R2	SFP7, SFP8		XТР:7, XТР:8	РЕР7, РЕР8	
Устройство защиты от импульсных перенапряжений	2	15						
Всего				9		9	9	1 – резерв

Продолжение табл. 17.Т4

Поставка Заказчика		По- зи- ция	Обозначе- ние	По- ставка в корзину т.к.ж				Примечание
Наименование	Ко- личе- ство			SF	FU	XT	PE	
Модуль ввода аналого- вого сигнала (установ- лен в корзине)	7	7	Ai1, ..., Ai7					
Терминальный блок для модулей Ai	14	10	ТРА1.1, ТРА1.2, ..., ТРА7.1, ТРА7.2		FUAi1, ..., FUAi7	XTAi:1, ..., XTAi:7		
Соединительный ка- бель, пружинные кон- такты	14		ТОРА1.1, ТОРА1.2, ..., ТОРА7.1, ТОРА7.2					
Модуль ввода дискрет- ного сигнала (установ- лен в корзине)	10	8	Di1, ..., Di10					
Терминальный блок для модулей Di	40	11	ТВ1.1, ТВ1.2, ТВ1.3, ТВ1.4, ..., ТВ10.1, ТВ10.2, ТВ10.3, ТВ10.4			XTDi:1, ..., XTDi:10		
Соединительный ка- бель, пружинные кон- такты	40		ТОРД1.1, ТОРД1.2, ТОРД1.3, ТОРД1.4, ..., ТОРД10.1, ТОРД10.2, ТОРД10.3, ТОРД10.4					
Модуль коммутации терминальных блоков	10	12	МТК1, ..., МТК10		FUDi1 ..., FUDi10			
Модуль вывода диск- ретного сигнала (уста- новлен в корзине)	14	9	Do1, ..., Do14		FUDo1, ..., FUDo14	XTDо:1, ..., XTDо:14		
Рейка зажимов на 16 клемм для модуля Do	14	13	ХТД1, ..., ХТД14					
Источник питания (ус- тановлен в корзине)	1	2	ИП2	SFM		XTP:10	PEP10	
Всего				1	31	31	1	

Окончание табл. 17.Т4

Группы изделий		Количество	Позиция	Обозначение	Коды изделий				Примечание
Наименование	СФ				FU	XT	PE		
Блок питания двухканальный	24	16	БП1, ..., БП24	SFD1, ..., SFD6		XTD:1, ..., XTD:6			
Ввод/вывод питания в щит	2			SF1 SF2					
Ввод кабелей в щит	82								
Изделия (поставка Изготовителя) для заземления оборудования и проводов									
Заземление ДИН-реек	(8)	17	PE				PE1, ..., PE8		
Заземление экрана кабеля – 16 кабелей (производится при установке щита на объекте)	(16)	19	PEK				PEK1, ..., PEK16		
Заземление жил кабеля – 12 кабелей (производится при монтаже щита на объекте)	(12)	20	PEД				PEД1, ..., PEД12		
Всего по видам				SFP } SFR } 8		XTP-10	PEP-10		
				SFM-1 SFD-6 SF-2	FUAi-7 FUDi-10 FUDo-14	XTAi-7 XTDi-10 XTDo-14	PEK-16 PEД-12 PE – 8		
Итого				17	31	31	49		

Таблица 17.Т5

Маркировка цветная (расцветка) проводников цепей АСУТП

Проводник	Буквы, цифры	Ус. о. нос	Ц-т	Нормативный документ
Сеть переменного тока:				
линейный провод 1	L1 (A)		Черный * или коричневый	ГОСТ 12.2.007.0-75 (п. 3.9.5), ГОСТ Р 50462-92
линейный провод 2	L2 (B)			
линейный провод 3	L3 (C)			
нулевой рабочий (нейтральный) (без заземления)	N		Голубой	
провод цепи управления, измерения, сигнализации	—		Красный	
Сеть постоянного тока:				
провод «плюс»	L+	+	Синий	ГОСТ 12.2.007.0-75
провод «минус»	L-	—		
провод нейтральный	M		Голубой	
провод цепи управления, измерения, сигнализации	—		Синий	
Общие проводники:				
провод заземления	PE		Зелено-желтый	ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 50462-92
провод нейтральный с заземлением	PEN***		Зелено-желтый	
Провод искробезопасной цепи	—		Синий**	ГОСТ Р 51330.13-99 (п. 12.2.2.6)
Место заземления («земля»)	E(PE)		Зеленый и желтый	

* Возможны другие цвета по ГОСТ Р 50462-92 — красный, оранжевый, синий, фиолетовый, серый, белый, розовый, бирюзовый.

** По ГОСТ Р 51330.13-99 (п. 12.2.2.6) внутри измерительных стоек, шкафов управления, коммутационной аппаратуры, распределительных устройств и т. д., где имеется риск перепутывания между собой кабелей искробезопасных и искроопасных электрических цепей при наличии нулевого рабочего проводника, имеющего расцветку, выполненную синим цветом, должны приниматься меры альтернативной маркировки.

Эти меры включают в себя:

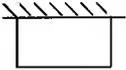
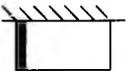
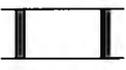
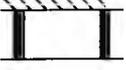
- объединение жил в общем жгуте с бандажем, окрашенным в голубой цвет;
- этикетирование;
- отчетливое структурное и пространственное разделение.

*** По ГОСТ Р 50462-92 (МЭК 446-89) «Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям». Идентификация PEN-проводника должна осуществляться одним из следующих способов:

- желто-зеленым цветом по всей длине PEN-проводника и голубым цветом на его концах;
- голубым цветом по всей длине PEN-проводника и желто-зеленым цветом на его концах.

Таблица 17.Т6

**Коэффициенты свободной общей
и эффективной теплообменной площади щита шкафного**

Рис. Типы щитов шкафного типа		Поверхность щита шкафного в зависимости от расположения в м ²						
		Свободная общая			Эффективная теплообменная			
Наименование	Эскиз	Г×Ш	В×Г	В×Ш	Г×Ш	В×Г	В×Ш	Сумма S
Единичный, свободностоящий		2	2	2	1,4	1,8	1,8	
Единичный, задняя стенка приставлена к стене		2	2	1	1,4	1,8	1,4	
Единичный, приставлен боковой стенкой к стене; составной, крайний в ряду		2	1	2	1,4	1,4	1,8	
Единичный, установлен в углу; составной, крайний в ряду у стены		2	1	1	1,4	1,4	1,4	
Составной, установлен между другими щитами в свободном ряду		2	0	2	1,4	1	1,8	
Составной, установлен между другими щитами, приставленными к стене		2	0	1	1,4	1	1,4	

Примечания:S — расчетная эффективная площадь теплообмена, м²;

В — высота щита, м;

Г — глубина щита, м;

Ш — ширина щита, м.

Коэффициенты соответствуют нормам DIN 57660 (500).

ГЛАВА 18. ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ АСУТП

18.1.	Общие требования	18–1
18.2.	Примеры технических данных СА по устойчивости к внешним воздействиям	18–2
18.3.	Факторы внешнего воздействия на СА	18–5
18.3.1.	Климатическое влияние (температура, относительная влажность)	18–5
18.3.2.	Атмосферное давление	18–8
18.3.3.	Коррозионно-активные агенты	18–8
18.3.4.	Агрессивная среда	18–9
18.3.5.	Другие климатические факторы	18–9
18.3.6.	Сейсмические факторы	18–9
18.3.7.	Воздействие молнии	18–10
18.3.8.	Взрывоопасные смеси	18–10
18.3.9.	Горючие материалы	18–10
18.4.	Степень защиты оболочек средств автоматизации против внешнего экологического загрязнения	18–11
18.5.	СА в рабочей зоне	18–14
18.6.	СА на опасном производственном объекте	18–15
18.6.1.	Опасный производственный объект	18–15
18.6.2.	Системы контроля, управления, сигнализации и ПАЗ	18–16
18.6.3.	Установка АУПТ и АУПС	18–16
18.7.	Уровень взрывозащиты СА во взрывоопасных зонах	18–18
18.8.	Пожароопасная зона и степень защиты оболочки СА	18–19
18.9.	Среды и физические величины измерения и регулирования	18–19
18.10.	Оборудование технологического объекта управления	18–21
18.11.	Функционирование первичного средства автоматизации	18–24
18.12.	Виды полевых средств автоматизации	18–28
18.13.	Датчик-реле	18–29
18.13.1.	Бесконтактный датчик-реле	18–30
18.13.2.	Емкостной бесконтактный выключатель	18–33
18.13.3.	Индуктивный бесконтактный выключатель	18–34
18.13.4.	Оптический бесконтактный выключатель	18–35
18.13.5.	Ультразвуковой бесконтактный выключатель	18–37
18.13.6.	Магниточувствительный бесконтактный выключатель	18–38
18.13.7.	Выбор бесконтактного выключателя	18–38
18.14.	Первичный измерительный преобразователь	18–40
18.15.	Измерительный преобразователь температуры	18–44
18.16.	Датчик давления	18–52
18.16.1.	Единицы измерения давления	18–52
18.16.2.	Виды давлений	18–53
18.16.3.	Классификация манометров	18–53
18.16.4.	Особенности опросного листа для заказа датчика давления	18–54
18.17.	Расходомер	18–55
18.17.1.	Классификация расходомеров	18–55
18.17А.	Гидродинамический расходомер	18–58
18.17А1.	Расходомер переменного перепада давления	18–58
18.17А1.1.	Расходомер переменного перепада давления со стандартным сужающим устройством	18–59
18.17А1.2.	Сужающее устройство СУ	18–59
18.17А1.3.	Местное сопротивление и прямые измерительные участки	18–64
18.17А1.4.	Отборные отверстия, уплотнительные прокладки	18–69

18.17А1.5.	Термоизоляция	18–70
18.17А1.6.	Шероховатость, загрязнение	18–71
18.17А1.7.	Опоры трубопровода, площадка обслуживания	18–71
18.17А1.8.	Опросный лист для расчета и выбора СУ	18–72
18.17А1.9.	Заключение.	18–77
18.17А2.	Расходомер переменного уровня	18–78
18.17А3.	Расходомер обтекания	18–79
18.17А4.	Вихревой расходомер	18–80
18.17Б6.	Тахометрический расходомер	18–81
18.17Б7.	Силовой расходомер	18–88
18.17В8.	Расходомер тепловой	18–93
18.17В9.	Расходомер электромагнитный	18–94
18.17В10.	Расходомер акустический (ультразвуковой)	18–96
18.17Е22.	Парциальный расходомер	18–99
18.17Е23.	Расходомер сыпучих	18–100
18.17И.	Измерительный преобразователь	18–103
18.17К.	Контрольно-поверочное устройство	18–104
18.17П.	Прочие расходомеры.	18–105
18.17Л.	Выводы	18–106
18.18.	Измерительный преобразователь уровня	18–107
18.18.1.	Общие замечания.	18–107
18.18.2.	Классификация уровнемеров.	18–107
18.18.3.	Некоторые особенности способов измерения уровня	18–110
18.19.	Измерительный преобразователь аналитической величины	18–126
18.20.	Измерительный преобразователь.	18–130
18.21.	Вторичный прибор.	18–132
18.22.	Регулятор.	18–133
18.23.	Исполнительное устройство	18–135
18.24.	Заключение	18–139
18.25.	Перечень терминов, примененных в данной главе	18–141
18.26.	Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе.	18–149

Перечень приложений

18.Пр1.	Стандарты оболочек и концепция защиты по NEMA	18–153
18.Пр2.	Пояснение к работе ВВЕ	18–156
18.Пр3.	Пояснение к работе ВБИ	18–157
18.Пр4.	Пояснение к работе ВБО	18–159
18.Пр5.	Пояснение к работе ВБМ	18–160
18.Пр6.	Требование к установке сигнализаторов и газоанализаторов (ТУ–газ–86)	18–161

Перечень рисунков

18.Р1.	Установка выключателя бесконтактного на поверхности.	18–165
18.15.Р1.	Конструкция первичного измерительного преобразователя температуры	18–165
18.15.Р2.	Пределы допустимых отклонений ТЭДС в температурном эквиваленте от НСХ преобразований в рабочем диапазоне температур.	18–166
18.15.Р3.	Пределы допустимых отклонений сопротивления в температурном эквиваленте от НСХ термопреобразователей сопротивления в рабочем диапазоне температур.	18–166
18.15.Р4.	Защитная арматура в трубопроводе.	18–167
18.15.Р5.	Области применения термометров	18–167
18.15.Р6.	Защитные гильзы	18–168

18.16.P1.	Виды давлений	18–169
18.17.P1.	Зависимость коэффициента истечения C от числа Re	18–170
18.17.P2.	Наименьшее расстояние от СУ до местного сопротивления	18–171
18.17.P3.	Некоторые виды местных сопротивлений МС	18–173
18.17.P4.	Применимость конфузора/диффузора в зависимости от диаметров трубопроводов и длины конуса	18–174
18.17.P5.	Расположение отверстий для трехрадиусного и фланцевого способов отбора давления	18–175
18.17.P6.	Расположение отверстий для отбора давления по периметру горизонтального трубопровода	18–175
18.17.P7.	Основные размеры СУ	18–176
18.17.P8.	Рекомендуемые значения отношения $d/D = \beta$ при различных скоростях потока рабочей среды	18–177
18.17.P9.	Виды проточных трубок массового расходомера	18–178
18.17.P10A.	Потеря давления в массовых расходомерах разного диаметра	18–179
18.17.P10B.	Потеря давления в массовых расходомерах при различной вязкости жидкости	18–180
18.17.P11.	Погрешность измерения массы	18–181
18.17.P12.	Диаметр измерительного датчика для жидкости	18–182
18.17.P13.	Рекомендации по установке расходомера	18–183
18.17.P14.	Подключение прувера (контрольно-поверочного устройства)	18–184
18.18.P1.	Определение длины чувствительного элемента магнитострикционного уровнемера	18–185
18.18.P2.	Градиент температуры продукта в наземном резервуаре (пример)	18–186
18.18.P3.	Размещение средств автоматизации на резервуаре при гидростатическом измерении массы продукта	18–186
18.18.P4.	Монтаж ультразвукового или радарного уровнемера	18–187
18.18.P5.	Закладная конструкция «Измерительные трубы уровнемера» (эскиз)	18–188

Перечень схем

18.Cx1.	Факторы внешнего воздействия на СА	18–189
18.Cx2.	Типы оборудования ТОО	18–195
18.Cx3.	Функционирование первичного СА	18–196
18.Cx4.	Виды полевых средств автоматизации в АСУТП	18–197
18.Cx5.1.	Изделия ГСП, классификация и основные требования	18–199
18.Cx5.2.	Блок-схема использования в АСУТП измеряемой физической величины	18–202
18.Cx6.	Схема подключения бесконтактных элементов	18–203
18.15.Cx1.	Основные требования к выбору первичного измерительного преобразователя ПИП температуры (термоэлектрического или сопротивления)	18–204
18.16.Cx1.	Классификация манометров	18–206
18.17.Cx1.	Блок-схема измерительного преобразователя расходомера	18–207
18.17.CxA.	Классификация расходомеров	18–208
18.17.CxA1.	Расходомеры с переменным перепадом давления	18–209
18.17.CxA2.	Расходомеры с переменным уровнем	18–210
18.17.CxA3.	Расходомеры обтекания	18–211
18.17.CxA4.	Расходомеры вихревые	18–211
18.17.CxB6.	Расходомеры тахометрические	18–212
18.17.CxB7.	Расходомеры силовые («массовые»)	18–213
18.17.CxB8.	Расходомеры тепловые	18–213
18.17.CxB9.	Расходомеры электромагнитные (индукционные)	18–214

18.17.СxB10.	Расходомеры акустические (ультразвуковые)	18–214
18.17.СxB11.	Расходомеры оптические (лазерные)	18–215
18.17.СxB12.	Расходомеры ядерно-магнитные	18–215
18.17.СxB13.	Расходомеры ионизационные	18–215
18.17.СxB14.	Расходомеры корреляционные	18–216
18.17.СxB15.	Расходомеры меточные	18–216
18.17.СxB16.	Расходомеры концентрационные	18–217
18.17.СxB17.	Расходомеры струйные (скоростемеры)	18–217
18.17.СxE23.	Расходомеры сыпучих	18–217
18.18.Сx1.	Структурная схема определения массы продукта в резервуаре объемно-массовым ОМ и гидростатическим ГС методами	18–218
18.21.Сx1.	Функциональный состав вторичного прибора	18–219

Перечень таблиц

18.Т1.	Типы климатов, типы и группы макроклиматов для технических целей по ГОСТ 15150-69	18–220
18.Т2.	Категории размещения изделий по ГОСТ 15150-69	18–221
18.Т3.1.	Эксплуатация изделий различного исполнения в разных условиях их размещения на высотах до 1000 м в зависимости от температуры окружающего воздуха	18–223
18.Т3.2.	Изделия ГСП третьего порядка, устойчивые к воздействию температуры и влажности окружающей среды на высотах до 1000 м.	18–224
18.Т4.	Типы атмосферы на открытом воздухе по содержанию коррозионно-активных агентов и СА, предназначенные для эксплуатации в этой атмосфере	18–225
18.Т5.1.	Место расположения изделий третьего порядка различных групп исполнения по температуре и влажности по ГОСТ 12997-84	18–225
18.Т5.2.	Место размещения изделий различных групп исполнения по атмосферному давлению	18–226
18.Т5.3.	Средства автоматизации химостойкого исполнения для эксплуатации в условиях агрессивных сред	18–226
18.Т6.	Место размещения изделий различных групп исполнения по вибрации	18–227
18.Т7.	Установленные значения и возможность выдвижения дополнительных требований к климатическим факторам по ГОСТ 15150-69	18–228
18.Т8.1.	Код IP. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и воды	18–230
18.Т8.2.	Степени защиты NEMA	18–231
18.Т8.3.	Ориентировочное сравнение степеней защиты оболочек по МЭК 529 (ГОСТ 14254-96) и NEMA 250-1997	18–232
18.Т9.	Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности по разделу 4 НПБ 105-03	18–233
18.Т10.	Обеспечение видами взрывозащиты средств автоматизации уровней 0, 1, 2 взрывозащиты	18–233
18.Т11.	Основные характерные особенности измеряемой, контролируемой, регулируемой среды, используемой в технологическом объекте управления	18–234
18.Т12.	Основные измеряемые, контролируемые, регулируемые физические величины или параметры в АСУТП	18–235
18.Т13.	Сравнительные характеристики ВВ различного типа	18–236
18.Т14.	Плотность по воздуху некоторых газов и паров	18–237

18.14.Т1.	Сравнительные характеристики стандартных физических интерфейсов	18–238
18.15.Т1.	Обозначения термоэлектрических преобразователей и их рабочие параметры	18–239
18.15.Т2.	Пределы допустимых отклонений от НСХ и классы допуска для преобразователей термоэлектрических и сопротивления	18–239
18.15.Т3.	Стандартный ряд монтажных длин защитной арматуры	18–240
18.15Т3.1.	Рекомендуемые материалы защитной арматуры термопреобразователей в зависимости от измеряемой среды	18–241
18.15.Т4.	Удлинительные провода для преобразователей измерения температуры жидкости, газа, пара	18–243
18.15.Т5.	Удлинительные провода для преобразователей измерения температуры подшипников, поверхности твердых тел, корпусов и др	18–243
18.15.Т6.	Примерная номенклатура материала защитной арматуры и головки	18–243
18.15.Т7.	Опросный лист для заказа преобразователя термоэлектрического/термопреобразователя сопротивления	18–244
18.15.Т8.	Опросный лист для заказа пирометра	18–247
18.16.Т1.	Соотношение некоторых единиц измерения разных систем	18–248
18.16.Т2.	Опросный лист для заказа датчика давления	18–249
18.16.Т3.	Опросный лист для заказа датчика давления при измерении уровня	18–251
18.17.Т1.	Качественные характеристики СУ	18–253
18.17.Т2.	Коэффициент скорости входа Е	18–255
18.17.Т3.	Ограничения применяемости СУ по ГОСТ 8.563.1–97	18–256
18.17.Т4.	Требования к длинам прямых участков при установке СУ с местным сопротивлением типа коллектор	18–257
18.17.Т5.	Наименьшая относительная длина прямого участка $L_{к2}$ между местными сопротивлениями, установленными перед СУ	18–258
18.17.Т6.	Значения эквивалентной шероховатости внутренней поверхности различных трубопроводов	18–258
18.17.Т7.	Предельные значения относительной эквивалентной шероховатости трубопровода перед СУ в зависимости от β	18–259
18.17.Т8.	Ориентировочная масса СУ и трубопроводов различного диаметра	18–259
18.17.Т9.	Рекомендуемые значения отношения $d/D = \beta$ при различных скоростях потока рабочей среды	18–260
18.17.Т10.	Опросный лист для заказа и расчета сужающего устройства	18–261
18.17.Т11.	Опросный лист для заказа расходомера	18–263
18.17.Т12.	Выбор расходомера для конкретных условий применения	18–265
18.17.Т13.	Общие технические данные для выбора расходомера	18–267
18.17.Т14.	Объемные электрические сопротивление и проводимость, диэлектрическая проницаемость жидкостей	18–269
18.18.Т1.	Группы элементов уровнемеров, контактирующих с измеряемой средой	18–272
18.18.Т2.	Классификация уровнемеров	18–273
18.18.Т3.	Опросный лист для заказа датчика уровня и/или раздела фаз	18–274
18.19.Т1.	Опросный лист для заказа стационарных газоаналитических приборов промышленной безопасности и технологических анализаторов	18–276
18.19.Т2.	Опросный лист для заказа плотномера и вискозиметра	18–280
18.23.Т1.	Опросный лист для заказа регулятора прямого действия	18–282
18.23.Т2.	Класс герметичности арматуры	18–283

18.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Средства автоматизации являются частью технических средств АСУТП.

Технические средства (ТС) АСУТП – комплект средств, обеспечивающий функционирование АСУТП различного вида и уровня – средства автоматизации, средства вычислительной техники, линии связи, несущие конструкции.

Выбор технического средства – процесс итеративных инженерных поисков удовлетворения различных требований:

- требований, изложенных в исходных материалах на проектирование АСУТП;
- требований нормативно-технических документов по созданию АСУТП;
- технических данных конкретного технического средства, которое предполагается к использованию в АСУТП.

В настоящее время в большинстве рассматриваемых ситуаций можно найти альтернативные технические средства как российских производителей, так и поставки зарубежных фирм.

Задача проектировщика АСУТП – найти несколько качественно близких друг другу ТС с тем, чтобы у специалистов по закупке, приобретению ТС была возможность организации конкурентного отбора ТС.

Выбор ТС АСУТП учитывает в первую очередь соотношение: «качество технического средства – цена технического средства».

Для обеспечения необходимого качества технического средства следует провести серьезный анализ факторов, в той или иной мере влияющих на ТС.

Требования, которым должно удовлетворять ТС, разделяются на следующие группы требований:

- функциональные;
- технологические;
- метрологические;
- конструктивные.

Однако имеются факторы, влияние которых должно учитываться при рассмотрении любой группы требований, – это факторы внешнего воздействия на технические средства, в том числе на средства автоматизации.

В главе 18 и далее: **средство автоматизации (СА)** – это техническое средство, предназначенное для обеспечения функционирования АСУТП, кроме средств вычислительной техники; к ним относятся первичный измерительный преобразователь или сенсор в виде датчика измерительного или датчика-реле (детектора), исполнительное устройство, вторичный прибор, регулятор, преобразователь различного вида, блок питания, блок разделения, функциональный блок и др. СА может быть обычного или интеллектуального типа, причем интеллектуализация СА непрерывно повышается и имеет различный уровень для различных типов СА.

В ряде случаев в **данной главе** понятие «средство автоматизации» идентифицируется с понятием «изделие».

При проектировании АСУТП производится выбор десятков или сотен единиц различных СА, которые будут устанавливаться, как правило, на значительной территории объекта управления.

В то же время объект управления содержит некоторое число помещений, зданий, сооружений и наружных установок.

Учитывая указанные обстоятельства, рекомендуется в начале проектирования определить по исходным материалам для проектирования и материалам смежных частей проекта возможные максимальные уровни/пределы внешних воздействий на СА в каждом здании, помещении, сооружении и наружной установке. Это позволит ускорить выбор СА, так как граничные требования по внешним воздействиям к СА определены заранее в каждом месте предполагаемого расположения СА. При рассмотрении же технических данных предполагаемого СА для конкретной проектной позиции проектировщик, который имеет граничные требования к этой позиции, не тратит дополнительного времени на анализ совместимости необходимых и предлагаемых требований; он быстро определяет возможность/невозможность использования для конкретной позиции конкретного СА.

СА, которое используется в АСУТП, испытывает в процессе эксплуатации внешние воздействия независимо от выполняемой функции, места установки, метрологической точности, надежности, системы питания, связи с другими СА или средствами вычислительной техники, конструкции и т. п.

18.2. ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ СА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

СА разрабатывается, конструируется, изготавливается с учетом воздействия на него внешних факторов. Различные разработчики и изготовители поставляют на рынок СА в соответствии с различными требованиями по устойчивости к внешним воздействиям.

Приведем примеры с датчиками давления Метран-22 и интеллектуальными датчиками Метран-100.

Технические данные использованы из «Руководства по эксплуатации СПГК. 1529.000 РЭ (версия 1.0)» для Метран-22 и «Тематического каталога № 1 выпуск 2 – Датчики давления».

«...1.1.2. По устойчивости к климатическим воздействиям датчики в зависимости от исполнения соответствуют:

– виду климатического исполнения УХЛ категории размещения 3.1 по ГОСТ 15150 (группе исполнения С3 по ГОСТ 12997);

– виду климатического исполнения У категории размещения 2 по ГОСТ 15150 (группе исполнения С4 по ГОСТ 12997);

– виду климатического исполнения Т категории размещения 3 по ГОСТ 15150 (группе исполнения С1 по ГОСТ 12997);

– виду климатического исполнения ТС категории размещения 1 по ГОСТ 15150 (группе исполнения Д1 по ГОСТ 12997)».

«...1.2.18. Датчики устойчивы к воздействию температуры окружающего воздуха, приведенной в таблице 13.

Таблица 13

Код электронного преобразователя	Вид климатического исполнения	Значение температуры окружающего воздуха, °С
АП	УХЛ 3.1	от плюс 5 до плюс 50, от плюс 5 до плюс 70, от минус 10 до плюс 50
	У2	от минус 30 до плюс 50, от минус 42 до плюс 50, от минус 42 до плюс 70
	Т3	от минус 10 до плюс 55, от минус 25 до плюс 70, от минус 25 до плюс 55
	ТС1	от минус 10 до плюс 70
МП, МП1	У2	от минус 40* до плюс 70
	УХЛ3.1	от плюс 5 до плюс 50***
	Т3	от минус 25** до плюс 70
	ТС1	от минус 10 до плюс 70

Примечания. Для датчиков кислородного исполнения (код «К») 1* – от минус 10 °С – для моделей 2110, 2120, 2210, 2220, 2310, 2320, 2410, 2420; от минус 25 °С – для моделей 2050, 2060, 2130, 2140, 2150, 2160, 2170, 2230, 2240, 2330, 2340, 2350, 2430, 2434, 2440, 2444, 2450, 2460; от минус 40 °С – для моделей 2020, 2030, 2040, 2051, 20621, 2151, 2161, 2351; 2** – от минус 10 °С – для моделей 2110, 2120, 2210, 2220, 2310, 2320, 2410, 2420; от минус 25 °С для остальных моделей; 3*** – до плюс 70 °С для датчиков исполнения АС.

1.2.19. Датчики исполнения УХЛ3.1, У2 устойчивы к воздействию относительной влажности окружающего воздуха (95±3) % при температуре плюс 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги.

Датчики исполнения Т3 устойчивы к воздействию относительной влажности окружающего воздуха 100 % при плюс 35 °С и более низких температурах с конденсацией влаги.

1.2.20. Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды IP65 по ГОСТ 14254.

1.2.21. Датчики устойчивы к воздействию синусоидальной вибрации в соответствии с группой исполнения по ГОСТ 12997 (таблица 14)».

«1.1.1 ...Датчики Метран-22-Вн имеют вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» с уровнем взрывозащиты «взрывобезопасный» с маркировкой по взрывозащите «IExdslIBT4/H₂X», соответствуют требованиям ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.1 и предназначены для применения во взрывоопасных зонах всех классов, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси из паров с воздухом, категории ПА, ИВ и групп Т1, Т2, Т3, Т4 и категории НС группы Т1 по ГОСТ Р 51330.0.

Таблица 14

Модель	Верхний предел измерения	Группа исполнения по ГОСТ 12997
2020, 2030, 2040, 2050, 2051, 2060, 2061, 2110, 2120, 2130, 2140, 2150, 2151, 2160, 2161, 2170, 2171, 2210, 2220, 2230, 2240, 2310, 2320, 2330, 2340, 2350, 2351, 2410, 2420, 2430, 2434, 2440, 2444, 2450, 2460	От 0,4 до 100 МПа	N4
	От 0,4 до 250 МПа	N3
	Менее 2,5 МПа	L3
5110, 5120, 5130, 5210, 5220, 5230, 5310, 5320, 5330, 5410, 5420, 5430	Не более 0,4 кПа	L3
	От 0,4 до 6,3 кПа	N4
3494, 3494-1, 3494-02, 3494-03, 4420, 4430, 4440	Все пределы измерений	VI

Знак «X» в маркировке взрывозащиты указывает на особые условия эксплуатации датчиков «Метран-22-Вн», связанные с тем, что давление в линиях, на которых установлены датчики, не должно превышать максимально допустимого для данной модели.

Датчики «Метран-22-Ех», соответствующие требованиям ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.10, выполняются с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с уровнем взрывозащиты (в зависимости от комплектности):

- «особовзрывобезопасный», маркировка по взрывозащите 0ExialICT5X;
- «взрывобезопасный», маркировка по взрывозащите – IExiblICT5X.

Знак «X» в маркировке взрывозащиты указывает на особые условия эксплуатации датчиков «Метран-22-Ех», связанные с тем, что питание датчиков осуществляется от вторичных устройств, удовлетворяющих требованиям искробезопасных цепей».

«Эксплуатационные характеристики Метран-100:

- датчики устойчивы к воздействию атмосферного давления от 84,0 до 106,7 кПа (группа P1, ГОСТ 12997);

- датчики климатического исполнения УХЛЗ. 1 и У2 устойчивы к воздействию относительной влажности окружающего воздуха до $(95 \pm 3) \%$ при 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги. Датчики исполнения ТЗ, ТС1 устойчивы к воздействию относительной влажности окружающего воздуха 100 % при 35 °С и более низких температурах с конденсацией влаги;

- степень защиты от воздействия пыли и воды IP65 по ГОСТ 14254;

- по устойчивости к механическим воздействиям датчики соответствуют ГОСТ 12997, группе исполнения V2 – для моделей 1050, 1051, 1060, 1061, 1150, 1151, 1152, 1153, 1160, 1161, 1162, 1170, 1171, 1172, 1173, 1350, 1351;

- L3 – для моделей 1110, 1112, 1210, 1212, 1310, 1312, 1410, 1412;

- VI – для остальных моделей.

Допускаемое направление вибрации вдоль вертикальной оси датчика, установленного в рабочем положении».

«Код климатического исполнения датчика

Таблица 10

Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150	Предельные значения температур окружающего воздуха при эксплуатации, °С
УХЛ 3.1	от плюс 5 до плюс 50
У2	от минус 40 до плюс 70
Т3	от минус 25 до плюс 70
ТС1	от минус 10 до плюс 70

...ЖКИ работает при температуре окружающего воздуха от -40 до 70 °С».

«Взрывозащищенность...

• ...вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с уровнем взрывозащиты:

- «особо взрывобезопасный», маркировка по взрывозащите **ExiaIICTH**;
- «взрывобезопасный», маркировка по взрывозащите **ExibIICTH**;

• ...вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и «специальный» с уровнем взрывозащиты «взрывобезопасный», маркировка по взрывозащите **1Exds1IBT4/H₂X**.

В указанных выше «Руководстве» и «Тематическом каталоге» отсутствуют данные о материале корпуса Метран-22 и Метран-100. В то же время для датчиков давления, поставляемых группой предприятий Метран на рынок в соответствии с лицензиями зарубежных фирм, таких как модели 3051, серия 1151, серия Метран-55 указан материал корпуса датчика. В технических данных на СА зарубежного производства приводятся материалы частей СА, которые не соприкасаются с измеряемой средой (в том числе корпуса СА), а находятся под воздействием окружающей среды.

Примеры технических данных приведены для того, чтобы показать значительное число цифробуквенных обозначений, которые требуют разъяснений на основе ряда нормативно-технических документов.

Разъяснения обозначений, связанных с внешними воздействиями на средства автоматизации, даны в разделах 18.3–18.8.

18.3. ФАКТОРЫ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СА

Факторы внешнего воздействия на СА приведены на схеме 18.Сх1.

Внешнее воздействие может действовать на всей территории, на которой располагается технологический объект управления, и может действовать в здании, сооружении или помещении технологического объекта управления. Вполне понятно, что объект управления может охватывать помещение внутри зданий и сооружений, а также наружную или открытую территорию предприятия.

18.3.1. Климатическое влияние (температура, относительная влажность)

Воздействие климата района расположения объекта управления на исполнение СА определяется по ГОСТ 15150-69.

В пособии представлена таблица 18.Т1, которая позволяет определить типы климатов, типы и группы макроклиматов в соответствии с ГОСТ 15150-69 по значениям температуры и влажности в районе расположения технологического объекта управления. Принимаются за расчетные значения: температура средняя из ежегодных абсолютных минимальных и максимальных, влажность среднегодовая относительная в процентах при среднегодовой температуре.

По расчетным значениям температуры и влажности определяется 14 типов климата.

Для использования технических изделий в нескольких географических районах с различными типами климатов последние группируют по типам макроклиматов, а для более универсального применения изделий, в том числе СА, устанавливают группы макроклиматов. Всего установлено пять (5) групп макроклимата:

- (УХЛ) умеренно-холодный;
- (Т) тропический;
- (О) общемировой;
- (ОМ) общеклиматический морской;
- (В) всеобщий.

Объединение типов климата в макроклиматы и далее в группы типов макроклимата показано как в таблице 18.Т1, так и на схеме 18.Сх1.

Каждой группе макроклиматов таким образом соответствует конкретное исполнение изделий.

Обозначение климатических исполнений изделий соответствует обозначению групп типов макроклиматов – УХЛ, Т, О, ОМ и В.

Изделия указанных климатических исполнений в зависимости от места их размещения при эксплуатации в воздушной среде и на высотах до 4300 м изготавливают по категориям размещения изделий (далее категориям изделий). Категории изделий разделяются на крупные 1, 2, 3, 4 и 5 и дополнительные 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 4.2 и 5.1, что приведено в таблице 18.Т2.

Таблица 18.Т3.1 предназначена для определения исполнения и категории размещения изделий по параметрам окружающей среды (диапазона температуры среды и максимума относительной влажности при среднегодовой температуре среды).

Значения относительной влажности при нормируемой температуре (крайняя правая графа таблицы) и диапазона рабочих и предельных рабочих температур эксплуатации изделия заимствованы из таблиц 6 и 3 ГОСТ 15150-69. Эти значения определяют исполнения изделий и категории размещения изделий.

Использование таблицы 18.Т3.1 рассмотрим на двух примерах.

Пример 1. Известно, что максимальная относительная влажность в месте установки изделия при температуре +25 °С составляет 80 %. Место установки – неотапливаемое помещение с естественной вентиляцией, температура в котором колеблется от –15 °С в зимнее время до +45 °С в летнее время.

Необходимо определить исполнение и категорию изделия для использования в АСУТП.

Беглый взгляд на таблицу 18.Т3.1 позволяет отметить, что при температуре +45 °С имеется большое число изделий, которые удовлетворяют эксплуатации при этой температуре. В то же время минусовая температура эксплуатации ограничивает выбор изделиями, отмеченными в верхней части таблицы. Поэтому начинаем

анализ соответствия изделий диапазону рабочих температур с температуры -15°C . Соответствуют заданной минимальной температуре 6 строк:

- УХЛ с категориями размещения 1, 1.1, 2, 2.1;
- О и В с категориями 1, 1.1, 2, 2.1;
- ОМ тех же категорий;
- УХЛ с категорией 3;
- ОМ с категорией 3;
- В с категорией 3;
- ОМ и В с категориями 5, 5.1.

Теперь следует вернуться к максимальной температуре $+45^{\circ}\text{C}$ в месте установки. Требованию по этой температуре из отмеченных 6 строк не соответствует строка УХЛ 3.

Далее проверим требование по относительной влажности. Этому требованию удовлетворяют изделия, помещенные во все упомянутые строки, кроме строки ОМ и В с категориями 5, 5.1.

В итоге изделие, которое можно применить в нашем примере, должно иметь климатическое исполнение: УХЛ1; УХЛ1.1; УХЛ2; УХЛ2.1; О1; О1.1; О2; О2.1; В1; В1.1; В2; В2.1; В3; ОМ1; ОМ1.1; ОМ2; ОМ2.1; ОМ3.

В нашем примере использование изделий ОМ и В категорий 5 и 5.1 возможно, но избыточно.

Пример 2. В отапливаемом помещении без кондиционирования воздуха температура может колебаться в пределах $+15^{\circ}\text{C}$ — $+30^{\circ}\text{C}$ с максимальной относительной влажностью 80 % при температуре 25°C .

Климатическое исполнение и категорию размещения изделия для данных условий эксплуатации определяем по таблице 18.Т3.1.

По минимальной температуре не видно ограничений применимости изделий. По максимальной — невозможно использовать изделия УХЛ4.1; Т4.1; О4.1; В4.1. По относительной влажности ограничений не имеется. Таким образом, изделия всех климатических исполнений, кроме отмеченных выше, применимы к эксплуатации в условиях по примеру 2.

Предприятия Российской Федерации изготавливают СА в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические условия». Средство автоматизации, которое применяется в проекте АСУТП, как правило, является изделием третьего порядка.

Изделие третьего порядка — изделие, которое **не требуется** обязательно размещать внутри других изделий при эксплуатации (в том числе шкафах, коробках).

В технических данных на СА в некоторых случаях указывается климатическое исполнение не по ГОСТ 15150-69, а по ГОСТ 12997-84. Группы исполнений изделия третьего порядка по устойчивости и/или прочности к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха, места размещения изделий при их эксплуатации в соответствии с ГОСТ 12997-84 приведены в таблице 18.Т5.1.

Отметим, что к СА групп исполнения С предъявляются требования как к изделиям категорий 2, 2.1, 3 и 3.1 по ГОСТ 15150-69, а к СА групп исполнения Д требования к изделиям категорий I, 1.1.

При этом требования к группам исполнения С и Д более жесткие, чем требования к изделиям по ГОСТ 15150-69.

Определение группы исполнения по ГОСТ 12997-84 для выбора СА следует производить, руководствуясь таблицей 18.Т3.2. Для условий, которые определены в ранее рассматриваемых примерах 1 и 2, определение групп исполнения СА осуществляется следующим образом.

1. Неотапливаемое помещение. Температурный диапазон: $-15\text{ }^{\circ}\text{C} - +45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность — 80 % при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Неотапливаемое помещение относится к категории 2.

Какое СА можно применить при минимальной температуре проверим по вертикали $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это группы С1, С2, С4.

По вертикали $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ определим, что применимы группы С1, С2, С3 и С4.

По относительной влажности также возможно использование всех изделий групп С (примечание 2 к таблице).

Таким образом, выбор останавливаем на группах С1, С2 и С4.

В левой графе таблицы указана категория размещения изделий по ГОСТ 15150-69.

2. Отапливаемое помещение без кондиционирования воздуха.

Температурный диапазон: $+15\text{ }^{\circ}\text{C} - +30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при $+25\text{ }^{\circ}\text{C} - 80\text{ }%$.

Отапливаемое помещение без кондиционирования — место размещения категории 1.

Проверим последовательно возможное использование групп исполнения изделий по ГОСТ 12997-84 (таблица 18.Т3.2).

Минимум температуры — все группы, кроме В1.

Максимум температуры — все группы без исключения.

Относительная влажность — все группы, кроме В1 и В2 (В1 и В2 — 75 %).

Таким образом, в этом примере применимы изделия третьего порядка всех групп, кроме В1 и В2.

Сравнение двух подходов к выбору СА по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 12997-84 показывает, что они являются корреспондируемыми между собой.

18.3.2. Атмосферное давление

Группы исполнения СА по атмосферному давлению устанавливает ГОСТ 12997-84. Место размещения изделий по группам исполнения по атмосферному давлению приведены в таблице 18.Т5.2.

Давление в 66 кПа соответствует ориентировочно высоте 3500 м над уровнем моря, давление в 106,7 кПа — глубине 2000 м от уровня моря.

18.3.3. Коррозионно-активные агенты

В атмосфере на открытом воздухе возможно наличие коррозионно-активных агентов, по содержанию которых определяется тип атмосферы (условно-чистая, промышленная, морская или приморско-промышленная). В таблице 18.Т4 приведены типы атмосфер по содержанию коррозионно-активных агентов и СА, которые можно эксплуатировать в этих атмосферах.

Содержание коррозионно-активных агентов в атмосфере помещений при отсутствии конкретных измерений атмосферы принимается равным 30–60 % от указанных в таблице в соответствии с п. 3.14 ГОСТ 15150-69.

18.3.4. Агрессивная среда

В нормальных условиях эксплуатации объекта управления в окружающей атмосфере могут быть агрессивные среды с различными ПДК в рабочей зоне. В таких средах следует применять СА химостойкого исполнения по ГОСТ 24682–81 видов Х1, Х2 или ХЗ.

В таблице 18.Т5.3 приведены примеры областей применения химостойкого исполнения СА и номинальные условия их эксплуатации. Во всех случаях необходимости применения изделий химостойкого исполнения следует внимательно рассмотреть требования к изделиям в части стойкости к воздействию специальных сред (например, по ГОСТ 24682–81 в соответствии с приложением 4 к нему).

18.3.5. Другие климатические факторы

Кроме перечисленных в 18.3.1–18.3.4 климатических факторов внешней среды на изделие при эксплуатации в общем случае действуют многие другие факторы.

Воздействующие климатические факторы со ссылками на соответствующие пункты ГОСТ 15150–69 приведены на листе 2 схемы 18.Сх1.

Пункты 3.2–3.14 раздела 3 ГОСТа отражают нормальные значения факторов, пункты 4.2–4.10, 4.13 и 4.13а определяют виды изделий, к которым возможно предъявить дополнительные требования по видам климатического воздействия, не указанным в разделе 3 ГОСТ 15150–69.

Такие требования в соответствии с п. 4.15 ГОСТ выдвигаются в технически обоснованных случаях, а в соответствии с п.п. 5.2. и 5.11 дополнительные требования должны быть согласованы с разработчиком и/или изготовителем изделия.

В таблице 18.Т7 приведены установленные числовые значения и показана возможность выдвижения дополнительных требований к климатическим факторам внешнего воздействия на изделия по ГОСТ 15150–69.

Проектировщику рекомендуется проанализировать числовые значения климатических факторов внешней среды по ГОСТу и значений подобных факторов по проектным или измеряемым показателям объекта управления. В случае превышения проектных значений над нормальными установленными значениями необходимо либо изменить исполнение применяемого изделия, либо подготовить дополнительные технически обоснованные требования к изделию, согласовав их с заказчиком АСУТП, финансирующим доработку/разработку изделия, и с разработчиком и/или изготовителем нового изделия. Последнее необходимо осуществить по ГОСТ 2.124–85*.

18.3.6. Сейсмические факторы

Требования к изделиям в части сейсмостойкости устанавливаются в баллах интенсивности землетрясений в соответствии с местностью расположения/установки изделия и высотой над нулевой отметкой, которая выбирается из ряда 10, 20, 25, 30, 70 м. Соответствующие значения ускорений вибрации установлены ГОСТ 17516.1.

Класс воздействия на изделие зависит от ускорения в Gal ($1 \text{ Gal} = 0,01 \text{ м/с}^2$). Воздействие сейсмических факторов в зависимости от ускорений вибрации указано на листе 3 схемы 18.Сх1.

В обоснованных случаях для конкретного изделия АСУТП следует подготовить требования по сейсмостойкости.

18.3.7. Воздействие молнии

Факторы воздействия молнии, класс зданий и сооружений, уровни защиты от прямых ударов молнии (ПУМ), молниезащитные системы (МЗС), зоны защиты и виды защит (экранирование, соединение, заземление, устройство защиты от импульсных перенапряжений) рассмотрены в специальном разделе 7.4. «Молниезащита» главы 7.

На листах 3 и 4 схемы 18.Сх1 приведены факторы воздействия молнии на СА и способы снижения влияния молнии на эксплуатационные качества СА.

Влияние молнии, а также других электромагнитных помех на СА снижается путем:

- правильной организации электроснабжения АСУТП;
- создания экранов конструкций объекта, линий питания, информационных сетей;
- рациональной прокладки кабельных и трубных проводок;
- создания защитных соединений и заземлений;
- установки устройств защиты.

Влияние импульсов высоких напряжений изложено в разделе 8.11 главы 8.

18.3.8. Взрывоопасные смеси

Действие взрывоопасных смесей на СА осуществляется во взрывоопасных зонах.

Класс взрывоопасной зоны определяется по ПУЭ, глава 7, п.п. 7.3.38–7.3.46.

Классы взрывоопасных зон определены в разделе 8.4 главы 8.

Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор СА, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации (п. 7.3.38 ПУЭ).

Уровни взрывозащиты (0, 1, 2) или степени оболочки СА приведены на листе 6 схемы 18.Сх1 и таблицах 7.Т11 и 18.Т10.

18.3.9. Горючие материалы

ПУЭ, глава 7.4 определяет 4 класса пожароопасных зон – П-I, П-II, П-IIIа и П-IIIб, в которых постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в которых они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Определение границ и класс пожароопасных зон производится технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

Степени защиты оболочки СА в зонах с горючими материалами указаны на листе 6 схемы 18.Сх1.

18.4. СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧЕК СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОТИВ ВНЕШНЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Приведем некоторые термины с соответствующими определениями по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89).

Оболочка — часть, обеспечивающая защиту оборудования от некоторых внешних воздействий и защиту по всем направлениям от прямых контактов.

Частью оболочки не являются барьеры, внешние по отношению к оболочке и не относящиеся к ней, а также ограждения, которые предусмотрены лишь для безопасности персонала.

Степень защиты — способ защиты, обеспечиваемый оболочкой от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемый стандартными методами испытаний.

Код IP — система кодификации, применяемая для обозначения степеней защиты, обеспечиваемых оболочкой, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов, воды, а также для предоставления дополнительной информации, связанной с такой защитой.

Опасная часть — часть оборудования, приближаться либо прикасаться к которой опасно, обладающая признаками опасного производственного фактора.

Токоведущая опасная часть — токоведущая часть, которая при некоторых условиях может вызывать поражение электрическим током.

Опасный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002).

Степень защиты кодифицируется буквами IP (International Protection) и двумя характеристическими цифрами.

Первая цифра (0–6) обозначает степень защиты:

— людей и животных от доступа к опасным частям изделия (оборудования);

— изделия (средства автоматизации) от попадания внешних твердых предметов.

Описание и определение степени защиты, которая обозначается первой цифрой, приведено в таблице 18.Т8.1.

Вторая цифра (0–8) обозначает степень защиты изделия от попадания внутрь воды (таблица 18.Т8.1).

Пример условного обозначения степени защиты оболочек: IP44, IP20, IP68 и т. п.

При необходимости степень защиты обозначается одной цифрой, в этом случае вторая цифра заменяется на букву X (IP2X, IPX5 и т. п.).

Обозначения степеней защиты указываются в технических данных на изделие (средство автоматизации) и наносятся на оболочке изделия или заводской табличке с паспортными данными изделия.

Защита от проникновения внутрь внешних твердых предметов, обозначенная первыми характеристическими цифрами 1–4, указывает на то, что предметы любой формы соответствующего размера не проникают внутрь оболочки изделия.

Пылезащищенные оболочки, соответствующие характеристической цифре 5, могут пропускать ограниченное количество пыли, которое недостаточно для нарушения нормальной работы изделия или снижения его безопасности.

Пыленепроницаемые оболочки, которые соответствуют цифре 6, не допускают проникновение внутрь какой-либо пыли.

Защита от проникновения внутрь воды, обозначенная второй характеристической цифрой от 1 до 6, означает соответствие также всем требованиям для меньших цифр.

Оболочки с характеристической цифрой 7 и 8 непригодны для выдерживания воздействий струй воды (цифры 5 или 6). Оболочки с цифрами 7 или 8 могут отвечать требованиям к воздействию струй и погружения в воду (краткого или длительного) только при наличии обозначения «двойное использование» (например, IPX5/IPX7, IPX5/IPX8 и т. п.).

Обозначения IPX7, IPX8 должны быть дополнены указанием времени и гидростатического давления погружения изделия в воду (например, IPX8,5 м – 7 минут).

Кроме букв IP и двух характеристических цифр (или символа X, заменяющего одну или обе цифры) в коде может присутствовать при необходимости дополнительная буква, обозначающая степень защиты от доступа к опасным частям.

Дополнительная буква указывает, что действительная защита от доступа к опасным частям выше, чем защита, которая указана первой характеристической цифрой (1–6), или первая характеристическая цифра заменена символом X.

Дополнительные буквы указывают на следующие степени защиты от доступа к опасным частям:

A – защищено от доступа тыльной стороной руки;

B – защищено от доступа пальцем руки;

C – защищено от доступа инструментом, диаметром более 2,5 мм и длиной до 100 мм;

D – защищено от доступа проволокой диаметром до 1 мм и длиной до 100 мм.

Герметичность изделия бывает недостаточной из-за некоторых свойств пластика и герметика:

– капиллярного эффекта;

– колебания температуры и явления так называемой «ползучести» материала.

Устранение воздействия подобных свойств факторов достигается:

– более тесной подгонкой пластиковых элементов к металлическим корпусам;

– тщательной, например плазменной, очисткой всех покрываемых герметикой поверхностей;

– предварительной герметизацией элементов электроники до установки ее в датчик;

– дополнительным уплотнением отверстия для ввода сигнального кабеля и окошек установки индикации и управления;

– заливкой пористым герметиком внутренней полости для устранения всех оставшихся пустот.

Такое решение позволяет достичь показателей защиты, намного превосходящих требования уровня IP67/IP68.

В последнее время появились новинки-изделия, которые имеют степень защиты от внешних воздействий – IP69K.

Вторая характеристическая цифра 9 и вспомогательная буква K означает, что оборудование защищено оболочкой от воздействия высоконапорной пароводяной струей в период очистки оболочки (от внешних выделений).

9К определяет следующее: вода (водяной пар) при температуре +80 °С (в некоторых изделиях указано до +95 °С) и давлении до 100 бар, которая направлена струей под любым направлением на оболочку, не должна вызывать вредных явлений (в том числе проникновение в оболочку воды в количестве, вызывающем вредное воздействие на изделие).

Код 9К установлен, в частности в DIN 40050, часть 9.

Примерами оборудования, имеющего степень защиты IP69К, служат:

- панель управления со степенью защиты IP69К фирмы RITTAL (панель из нержавеющей стали);
- компактный корпус АЕ с IP69К фирмы RITTAL;
- индуктивный датчик положения цилиндрический серии NBB5-186K50 фирмы PEPPERL+FUCHS;
- датчики приближения индуктивные (для пищевой промышленности; для промышленного применения на транспорте; для линейной запорной арматуры);
- оптоэлектронные датчики (инфракрасные, лазерные) фирмы IFM electronic.

Средство автоматизации, которое устанавливается в производственных помещениях, чаще всего имеет степень защиты IP54. IP5X обеспечивают защиту от пыли, но допускают ограниченное проникновение пыли в изделие и скопление ее в количестве и месте, недостаточном для нарушения нормальной работы средства автоматизации или снижения его безопасности (таблица 2 ГОСТ 14254-96). Пыль не должна вызывать **трекинг** (образование токопроводящих следов) на путях утечки электрического тока.

IPX4 обеспечивает полную брызгозащиту, при которой вода, падающая в виде брызг на оболочку с любого направления, не оказывает вредного воздействия.

При IPX4, также как при прочих степенях защиты от воды (IPX1–IPX8), не исключается попадание воды внутрь оболочки, но только в таком количестве, которое не может вызвать вредное воздействие на изделие (п. 14.3 ГОСТ 14254-96):

- нарушение нормальной работы изделия или его безопасности;
- накопление воды на электроизоляционных частях, где вода может вызвать **трекинг** на путях утечки;
- попадание воды на части, находящиеся под напряжением, или на обмотки, не рассчитанные на работу в увлажненном состоянии;
- накопление воды вблизи кабельных вводов либо проникновение воды внутрь кабеля.

Проектировщик АСУТП может встретить информацию по категориям оболочки по пыли (категория 1 или 2).

По 13.4.3 ГОСТ 14254-96:

– **оболочка категории 1** – оболочка, в которой нормальная работа оборудования приводит к понижению давления внутри оболочки ниже окружающего, например, в результате влияния теплового цикла;

– **оболочка категории 2** – оболочка, внутри которой давление равно окружающему.

Оболочка считается оболочкой первой категории, если в технических условиях на конкретное изделие не указано, что она относится к категории 2.

Разность давлений внутри оболочки и снаружи ее вызывает проникновение запыленного воздуха внутрь оболочки, что учитывается при установлении степени защиты изделия по пыли.

По ПУЭ для электрооборудования, электрических аппаратов и приборов (п.п. 5.3.16ч–5.3.19; 7.1.46; 7.3.65–7.3.68; 7.4.15; 7.4.20; 7.4.21) рекомендуется исполь-

зование оболочек, имеющих степень защиты IP54 и IP44 для наружных установок и производственных помещений, IP20 и IP00 для помещений с нормальной средой.

IP5X обеспечивает защиту изделия от пыли.

IPX4 обеспечивает защиту от брызгивания (таблица 3 ГОСТ 14254-96), при которой вода в виде брызг любого направления не оказывает вредного воздействия на изделие.

Увеличение степени интеграции, уменьшение размеров и энергопотребления элементов микроэлектроники в современных средствах автоматизации, вычислительной техники, информационной технологии повысило требование к степени защиты оболочек до IP65, IP68.

Средство автоматизации, которое постоянно эксплуатируется вне помещений, должно иметь степень защиты не менее IP65.

Средство автоматизации, которое эксплуатируется в офисном помещении или специально организованном помещении (операторной, диспетчерской, аппаратной), в котором обеспечивается соответствующий микроклимат (температура, давление, чистый воздух, отсутствие капли и конденсата), может иметь защиту IP20.

В Северной Америке (США, Канада) действуют стандарт Национальной ассоциации производителей электротехнического оборудования (National Electrical Manufacturers Association, NEMA) NEMA-250 и близкий к нему стандарт Канадской ассоциации по стандартизации (Canadian Standards Association, CSA) С 22.2 № 94. Между Европейскими и Российской кодировкой степеней защиты IP и стандартом NEMA существуют определенные отличия.

Стандарт NEMA – более описательный стандарт, чем стандарт МЭК 529 (ГОСТ 14254-96).

NEMA не определяет размер твердых частиц (частиц пыли), воздействующих на изделие. NEMA, с другой стороны, в отличие от МЭК и ГОСТ, определяет:

- использование изделия внутри и вне помещения;
- коррозионное воздействие на изделие;
- воздействие снега на изделие;
- воздействие обледенения на работу изделия;
- воздействие атмосферной пыли на изделие;
- воздействие нефтепродуктов, подтекающих или брызгающих из оборудования;
- вентиляцию корпуса (оболочки) изделия.

Стандарт NEMA классифицирует оболочки типа 7, 8 и 9 для использования во взрывоопасных зонах классов 1 и 2; стандарт также определяет оболочку типа 10, которая сконструирована для обеспечения здоровья персонала.

В приложении 18.Пр1 приведено изложение стандартов NEMA, а в таблице 18.Т8.2 типы оболочек по степени их защиты от внешних воздействий и по параметрам защищаемого оборудования. В таблице 18.Т8.3 приведено ориентировочное сравнение степеней защиты по МЭК 529 (ГОСТ 14254-96) и NEMA 250-1997.

18.5. СА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ

Большое влияние внешних факторов оказывается на СА, размещаемые в рабочей зоне оператора, диспетчера, технологического работника и др. (схема 18.Сх1, листы 4 и 1).

В главе 7 рассмотрены вопросы организации рабочей зоны и рабочего места, приведены (таблица 7.Т5) допустимые нормы температуры, влажности, скорости воздушных масс в рабочей зоне, на рабочем месте, как в производственном помещении, так и в административном помещении, а также в наружных установках в холодный и в теплый период года. Тем самым определяются климатические факторы воздействия на СА, которые устанавливаются на территории рабочей зоны.

Указанные факторы рассмотрены в 18.3.1 и таблицах 18.Т3.2, 18.Т5.1.

18.6. СА НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

18.6.1. Опасный производственный объект

Средства автоматизации должны обеспечивать промышленную безопасность на всех и особенно на опасных производственных объектах, на которых осуществляется деятельность организации независимо от организационно-правовых форм и форм собственности.

На листе 5 схемы 18.Сх1 приведены категории опасных производственных объектов в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями).

Объекты разделяются на опасные и взрывопожароопасные объекты.

К опасным объектам по Федеральному закону относятся объекты, на которых:

- используется оборудование, которое работает под давлением более 0,07 МПа ($\sim 6,9$ кгс/см²) или при температуре нагрева воды более 115 °С;
- используются стационарно-установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях;
- получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

- токсичные;
- высокотоксичные;
- остротоксичные.

К опасным веществам относятся вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить их к гибели. Характеристики опасных веществ приведены в приложении 1 к Федеральному закону.

По Федеральному закону к опасным производственным объектам относятся взрывопожароопасные объекты. К последним относятся объекты, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

- воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура которых при нормальном давлении составляет 20 °С или ниже;

– окисляющиеся вещества, т. е. вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и/или способствующие воспламенению других веществ в результате изотермической реакции;

– горючие вещества – жидкости, газы, пыли, которые способны самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

– взрывчатые вещества, т. е. те вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов.

Все опасные вещества представляют природоопасные вещества для окружающей среды.

К взрывопожароопасным объектам, естественно, предъявляются дополнительные требования по обеспечению производственной безопасности. Как отмечено во введении к книге I «Методического пособия», в пособии не рассматриваются специальные производства, такие как атомные установки, шахты, производства и хранение изотопов, взрывчатых и отравляющих веществ. Для остальных взрывопожароопасных объектов применимы «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540-03.

ПБ 09-540-03 с целью минимизации уровня взрывоопасности технологической системы разделяет ее на отдельные технологические блоки, для которых проводится оценка энергетического уровня каждого блока с расчетом категории его взрывоопасности. Расчет проводится в технологической части проекта и разделяет блоки на 3 категории: I, II и III.

На листе 5 схемы 18.Сх1 приведены пункты ПБ 09-540-03, в которых изложены основные и дополнительные требования к блокам различной категории и для различных систем по п. 18.6.2.

18.6.2. Системы контроля, управления, сигнализации и ПАЗ

В состав систем входят в общем случае следующие системы:

- противоаварийной защиты (ПАЗ);
- автоматизированной системы управления технологическим процессом технологического блока или системы (АСУТП);
- системы контроля и управления (СКУ);
- системы связи и оповещения (СиО).

На основании указанных на схеме (18.Сх1, лист 5) пунктов ПБ и основных требований к обеспечению взрывобезопасности технологического процесса, которые разработаны в технологической части проекта и прошли экспертизу промышленной безопасности, проектировщик АСУТП выработывает особые требования по применению средств автоматизации в системах ПАЗ, АСУТП, СКУ и СиО.

18.6.3. Установки АУПТ и АУПС

Категории взрывопожароопасности и пожароопасности зданий, помещений и наружных установок определены разделами 2, 5 и 4 НПБ 105-03 и приведены в таблицах 7.Т10 и 18.Т9 и указаны на листе 5 схемы 18.Сх1.

Категорийность помещений, наружных установок и зданий определяют специалисты по проектированию технологической части с использованием методики определения по НПБ 105-03. Эти же специалисты определяют здания, сооружения, помещения и оборудование, подлежащие защите автоматическими установками пожаротушения (АУПТ) и установками автоматической пожарной сигнализацией (АУПС). Определение производится по нормам пожарной безопасности (НПБ 110-03) таблицы 14 приложения к нормам. Здания, сооружения и помещения, не вошедшие в перечень по НПБ 110-03, оборудуются установками пожарной автоматики в соответствии с требованиями отраслевых (ведомственных) нормативных документов, утвержденных в установленном порядке (п. 10 НПБ). По п. 9 НПБ защита наружных технологических установок с обращением взрывопожароопасных веществ и материалов АУПТ и АУПС определяется также отраслевыми (ведомственными) нормативными документами, утвержденными в установленном порядке.

Проектировщик АСУТП выполняет компоновку вторичных СА и средств ВТ на щитах и пультах, офисных столах, которые размещаются в операторных, диспетчерских, аппаратных помещениях. Для этих помещений проектировщик АСУТП становится проектировщиком-технологом. Таким образом, проектировщик АСУТП обязан определить необходимость обустройства указанных помещений установками АУПТ и/или АУПС.

В настоящее время не все отрасли и ведомства разработали нормативы по оснащению проектируемых объектов отрасли (ведомства) установками АУПТ и/или АУПС. В связи с этим следует применить требования к помещениям из перечня НПБ 110-03.

Наиболее подходящими прототипами помещениям АСУТП являются помещения из перечня НПБ, таблица 3:

– п. 15. Не обслуживаемые аппаратные (24 м² и более – АУПТ, менее 24 м² – АУПС);

– п. 18.1. Выделенные помещения управляющих устройств на основе ЭВМ (24 м² и более – АУПТ, менее 24 м² – АУПС);

– 35.2. Помещения для размещения связанных процессоров (серверные), архивов магнитных и бумажных носителей, графопостроителей, принтеров (24 м² и более – АУПТ, менее 24 м² – АУПС);

– 35.3. Помещения для размещения персональных ЭВМ на рабочих столах пользователей (АУПС независимо от площади).

Отметим, что помещения аппаратные и приравненные к ним серверные и другие имеют граничный нормативный показатель – 24 кв. м. Нормативный показатель выдвигает требование – устанавливать либо АУПТ, либо АУПС. Известно, что оборудование и эксплуатация АУПТ требует серьезных материальных затрат и специализированного персонала.

Рекомендуется при проектировании АСУТП использовать для организации аппаратных различного функционального назначения помещения площадью менее 24 кв. м. Такое решение позволит обеспечить норматив помещений по пожарной безопасности и ограничиться организацией в помещениях АСУТП установок автоматической пожарной сигнализации.

18.7. УРОВЕНЬ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ СА ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Уровни взрывозащиты СА рассмотрены в разделе 8.5.2. Напомним, что уровни взрывозащиты обозначаются знаками 2, 1 или 0:

2 – СА (электрооборудование) повышенной надежности против взрыва, т. е. СА, в котором взрывозащита обеспечивается только в нормальном режиме его работы;

1 – СА взрывобезопасное, т. е. СА, в котором взрывозащита обеспечивается как в нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты;

0 – особовзрывобезопасное СА, т. е. СА, в котором по отношению к СА уровня 1 приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты.

На листе 6 схемы 18.Сх1 приведена таблица, в которой на основании таблицы 7.3.11 ПУЭ указан уровень взрывозащиты (п. 6.6 ГОСТ Р 51330.0–99) или степень защиты оболочки (ГОСТ 14254–96) для различных средств автоматизации, устанавливаемых в различных взрывоопасных зонах.

Виды взрывозащиты, которые обеспечивают различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

Виды взрывозащиты установлены ПУЭ (п. 7.3.33), ГОСТ Р 51330 и приведены в таблице 8.Т11:

- d – взрывонепроницаемая оболочка;
- ia, ib, ic – искробезопасная электрическая цепь;
- p – повышенное давление или продувка оболочки повышенным давлением;
- o – погружение в масло;
- q – заполнение порошком;
- t – герметизация, капсулирование, залитое исполнение;
- e – повышенная защита, защита вида «е»;
- n – отсутствие искрообразования;
- s – специальный вид защиты.

Таким образом, класс взрывоопасной зоны и вид установки (стационарная или передвижная/переносимая) позволяет установить минимальный допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки СА. СА может иметь искрящие или не искрящие части, подверженные или неподверженные нагреву выше 80 °С, что необходимо учитывать при выборе конкретного СА, которое имеет соответствующий вид взрывозащиты. Предполагаемое использование электроаппаратов и СА различных видов взрывозащиты приведено в таблице 8.Т12.

В таблице 18.Т10 указаны виды взрывозащиты, которые обеспечивают взрывобезопасность средств автоматизации с уровнями взрывозащиты 0, 1, 2 (особовзрывобезопасное СА, взрывобезопасное СА, СА повышенной надежности против взрыва).

Кроме знания уровня взрывозащиты, вида взрывозащиты при выборе СА необходимо установить параметры взрывоопасной среды в местах размещения СА в пределах определенной взрывоопасной зоны. Параметры смеси таковы: наименование взрывоопасной смеси, отнесение ее к группе и категории смеси (I – рудничный газ, метан; II, ПА, ИВ, ПС – промышленные газы за исключением метана внутри и снаружи помещений) и к группе по температуре самовоспламенения (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5,

T6 – с понижением температуры самовоспламенения от температур более 450 °С до 85 °С).

В главе 8 (раздел 8.2) приведены характеристики взрывоопасных смесей, их подразделение по группам и категориям смеси, температурным группам.

Перечисленные выше параметры взрывоопасной смеси позволяют определить пригодность к эксплуатации в зоне СА по паспортным данным или по маркировке СА.

Принципы маркировки СА по взрывозащите изложены в разделе 8.6 главы 8. В том же разделе кратко изложены классификация и маркировка оборудования, используемого во взрывоопасных областях, в соответствии с директивой АТЕХ 100 А.

Рекомендуем при выборе СА для работы во взрывоопасной зоне обновить технические знания по «электроустановкам во взрывоопасных зонах» – глава 7.3 ПУЭ.

18.8. ПОЖАРООПАСНАЯ ЗОНА И СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ СА

В пожароопасных зонах могут применяться СА, которые имеют по ГОСТ 14254–96 степень защиты оболочки не менее указанной в таблице 7.4.2 ПУЭ и в таблице на листе 6 схемы 18.Сх1. Кроме того, следует учесть примечания 1 и 2 к таблице на листе 6 схемы 18.Сх1.

18.9. СРЕДЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Разделы 18.2–18.8 позволяют подготовить ответы на вопросы: «Где размещается средство автоматизации? Каково воздействие внешних факторов на СА? Какие условия окружающей среды в месте установки СА?».

Далее остановимся на параметрах рабочей среды, среды измеряемой, контролируемой или регулируемой, а также на основных физических величинах или параметрах, которые измеряются, контролируются или регулируются в автоматизированной системе управления технологическим процессом.

Знание указанных параметров позволит дать ответ на вопрос: «Что измеряется или контролируется или регулируется?».

Рабочая среда (так для краткости назовем среду измерения, контроля или регулирования) обладает основными характерными особенностями, приведенными в таблице 18.Т11.

Основные физические величины рабочих сред, которые измеряются, контролируются или регулируются средствами автоматизации АСУТП, указаны в таблице 18.Т12.

Однако знание рабочей среды и ее физической величины недостаточно для определения объекта измерения, контроля и регулирования. Необходимо также знать технологическое оборудование, в котором обращается рабочая среда. Действительно, фразы «уровень воды», «температура расплава», «давление газа» в отрыве от места нахождения рабочей среды, от технологического оборудования непонятны и требуют конкретного дополнения.

Некоторые пояснения по технологическому оборудованию, аппаратам, коммуникациям приведены в разделе 18.10.

На схеме 18.Сх2 отмечены те данные оборудования, которые следует учитывать при выборе того или иного СА, предназначенного для установки на конкретном месте технологического оборудования.

Таким образом, правильными будет термин: «уровень воды в барабане котла № 3», «температура расплава меди в миксере № 7», «давление газа в магистральном газопроводе после выходного коллектора».

Обозначения физической величины, рабочей среды и технологического оборудования определены схемой автоматизации (СЗ) (раздел 12.4 пособия). Эти же обозначения переносятся в графу «наименование и техническая характеристика» спецификации на оборудование и материалы по ГОСТ 21.110-95. Измеряемая, контролируемая или регулируемая физическая величина в соответствии с «заданием на проектирование» или «исходными материалами для проектирования» имеет соответствующий диапазон измерения параметра. Диапазон параметров или прочие значения физической величины, указанные на линиях связи или рядом с обозначением приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование и не имеющие связей с другими СА, в схеме автоматизации является определяющим при выборе СА. Предполагаемое СА должно **безоговорочно** удовлетворять требованию к рабочему значению измеряемой физической величины.

Измеряемая физическая величина (измеряемая величина) – физическая величина, подлежащая измерению, измеряемая или измеренная в соответствии с основной целью измерительной задачи (п. 3.2 РМГ 29-99).

По аналогии будем употреблять понятия о контролируемой величине, регулируемой величине, управляемой величине.

На каждую выше указанную величину при проведении соответствующих операций действует другая/другие влияющая физическая величина.

Влияющая физическая величина (влияющая величина) – физическая величина, оказывающая влияние на размер измеряемой величины и/или результат измерений (п. 3.9 РМГ 29-99).

Аналогично влияющая величина оказывает влияние на контролируемую, регулируемую или управляемую физическую величину.

Например, при выборе СА для измерения давления жидкости в трубопроводе необходимо учитывать температуру рабочей среды, скорость изменения давления, вязкость и плотность среды, вибрацию трубопровода и ряд других параметров.

Значения влияющих величин указываются в технических данных на СА.

При выборе исполнительного органа и исполнительного механизма к нему для регулирования расхода продукта следует учитывать влияние скорости и температуру потока рабочей среды, избыточное давление в трубопроводе, наличие механических примесей.

Можно отметить следующее.

Физическая величина в одном случае может быть измеряемой (контролируемой, регулируемой, управляемой) величиной, а в другом случае та же физическая величина является влияющей величиной.

Вид средства автоматизации предъявляет определенные требования как к измеряемой (контролируемой, регулируемой, управляемой) величине, так и к влияющей величине. Эти требования различны для разных видов средств автоматизации, их следует учитывать при выборе СА.

Кроме характерных особенностей, которые перечислены в таблице 18.Т11, рабочая среда характеризуется также пульсацией давления среды, что сказывается на качестве измерения и регулирования.

18.10. ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Для пояснения схемы выбора средств автоматизации в зависимости от их расположения на оборудовании приведем определения ряда применяемых терминов.

Напомним, определение термина (смотри главу 2, раздел 2.2):

Технологический объект управления (ТОУ) – объект управления, включающий технологическое оборудование и реализуемый в нем технологический процесс по соответствующим инструкциям или регламентам (ГОСТ 34.003-90, п. 7.1).

К технологическим объектам управления относятся:

– технологические агрегаты и установки, реализующие самостоятельный технологический процесс (паровой котел, прокатный станок, бумагоделательная машина и т. д.);

– отдельные производства (блоки, цехи, участки), которые управляются путем реализации рациональных режимов работы взаимосвязанного технологического оборудования (участки, агрегаты).

Аппарат (составная часть оборудования ТОУ по ГОСТ 21.401–88) – отдельно функционирующий элемент процесса или системы, работа которого осуществляется автономно в составе технологического процесса или системы.

Коммуникация транспортная – физическое сообщение, связь между различными аппаратами или различными участниками коммуникации для перемещения жидкой или газообразной среды или вещества.

Система технологическая – непрерывно или периодически (циклично) работающая последовательно взаимосвязанная цепь аппаратов (оборудования, агрегатов, в том числе конвейеров и т. п.), соединенных (объединенных) различными транспортными коммуникациями (РМ 4 239-91, п. 3.1).

Система инженерная – комплекс систем аппаратов (оборудования и агрегатов) и транспортных коммуникаций, предназначенных для обеспечения благоприятных условий труда производственного персонала и необходимых условий функционирования технологической системы и технологического процесса. Включает в себя системы водоснабжения и канализации, отопления и вентиляции, газоснабжения, пожаротушения и т. п. (РМ 4-239-91, п. 3.2).

Трубопровод (ГОСТ 21.401-88, прил. 1, п. 4) – система, состоящая из труб, трубопроводной арматуры и соединительных частей, предназначенная для транспортирования различных жидких и газообразных сред (веществ) и распределения их по аппаратам процесса.

Канал открытый (РМ 4-239-91, п. 1.16) – протяженное открытое сооружение, расположенное в выемке или насыпи, предназначенное для безнапорного (самотечного) пропускания жидкой среды (в основном различного вида водной среды).

Канал закрытый – закрытое подземное или наземное протяженное сооружение, предназначенное для безнапорного (самотечного) пропускания жидкой среды. Примером может служить коллектор для промышленных и ливневых стоков.

Короб закрытый – закрытое подземное, наземное или надземное протяженное сооружение, предназначенное для пропуска газообразных сред. Примером может служить воздухопровод приточно-вытяжной вентиляции.

Элемент трубопровода (короба) (ГОСТ 21.401–88 п. 7) – патрубок (трубы); отвод; переход; тройник; фланцы; компенсатор; арматура запорная, регулирующая и предохранительная; средства автоматизации, встраиваемые в трубопровод (диафрагмы измерительные, счетчики объемные и т. д.).

Закладная конструкция (СНиП 3.05.07–85) – деталь или сборочная единица, неразъемно встраиваемая в строительные конструкции (швеллер, уголок, гильза, патрубок, плита с гильзами, короб с песочным затвором и т. п.) или в технологические аппараты и трубопроводы (бобышка, штуцер, карман и гильза для прибора и т. п.).

Изоляция – конструктивные мероприятия по обособлению, размещению отдельно от среды чего-либо; в рассматриваемом случае – отделение аппаратуры или коммуникации от воздействия окружающей или внутренней измеряемой среды; тепловая изоляция – защита аппарата или коммуникации от тепловых потерь (или нагрева) при помощи плохо проводящих тепло веществ и материалов; антикоррозионная изоляция – защита аппарата или коммуникации от воздействия агрессивной по отношению к материалу аппарата/коммуникации среды.

На схеме 18.Сх2 приведен перечень основных параметров технологического оборудования, которые необходимо учитывать при выборе первичных/полевых средств автоматизации.

Оборудование ТОО разделяется на 2 группы:

- группа аппаратов ТОО;
- группа транспортных коммуникаций ТОО.

Оборудование ТОО также разделяется на аппараты и коммуникации:

- технологическая система объекта управления;
- инженерные системы объекта управления.

Различие между указанными системами следует из определения терминов систем. С точки зрения автоматизации (измерения, контроля, регулирования и управления) не существует различий при выборе полевых средств автоматизации для систем технологических или инженерных.

Различие между СА этих систем будут иметь числовые значения в параметрах метрологии, надежности и безопасности.

Поэтому требования по выбору первичных СА по их расположению в системе одинаковы.

Аппарат может быть открытым или закрытым.

Открытый аппарат может быть заглубленным либо наземным. К таким аппаратам относятся в частности:

- приемник жидкости;
- зумпф;
- отстойник;
- резервуар;
- бак;
- сборник;
- мешалка;
- бункер;

- электролитическая ванна;
- корыто барабанного вакуум-фильтра и другие.

Закрытый аппарат, как правило, является наземным аппаратом. Исключение составляет, например, резервуар для хранения мазута, который частично заглублен, а частично сбоку засыпан грунтом. Существует большое множество закрытых аппаратов различных назначений, конструкций, размеров.

Часть из подобных аппаратов действует при обычном атмосферном давлении, а часть – при избыточном давлении или вакууме.

Необходимо обращать внимание на внутренние конструкции аппаратов, которые неподвижны или имеют перемещения – возвратно-поступательные, вращательные, непрерывные или периодические.

При выборе первичного СА и способа его крепления на аппаратуре следует определить:

- конструкцию аппарата, в том числе внутренние элементы;
- габариты аппарата;
- материал корпуса аппарата;
- наличие тепловой изоляции;
- антикоррозионное покрытие (внутреннее и наружное);
- положение аппарата в пространстве;
- показатели вибрации аппарата;
- наличие закладных конструкций, которые можно использовать для установки СА.

При этом необходимо наметить площадки обслуживания СА на аппарате.

Коммуникация может быть открытой или закрытой.

Открытая коммуникация представляет собой открытый канал, имеющий уклон в сторону сборника жидкой среды. Открытый канал в различных сферах хозяйственной деятельности носит наименования: канал, сливная труба, жолоб, канава, коллектор, лоток и др.

Закрытая коммуникация различается по степени ее заполнения рабочей средой. Жидкая среда может заполнять коммуникацию либо целиком (полное заполнение), либо частично. Газообразная, парообразная среда заполняет закрытую коммуникацию полностью. По форме закрытая коммуникация может представлять закрытый канал, закрытый короб или трубопровод. Различие между ними пояснено в определении терминов.

Выбор первичного средства СА для установки его на транспортной коммуникации предполагает знание ряда параметров коммуникации:

- вид коммуникации;
- форма конструкции транспортной коммуникации;
- размеры (глубина, ширина, высота, диаметр) коммуникации;
- материал наружной стенки коммуникации;
- наличие и вид тепловой изоляции;
- антикоррозионное покрытие стенки (внутреннее и наружное);
- ориентация коммуникации в пространстве (что особенно важно для трубопровода и закрытого короба);
- вертикальное, наклонное или горизонтальное расположение;
- расстояние между технологическими элементами на границах участка коммуникации, на котором устанавливается СА;

– наличие закладной конструкции на участке, которую можно использовать для установки СА;

– вибрация на участке коммуникации в предполагаемом месте установки СА.

Аппарат технологический или инженерный и транспортная коммуникация как конструктивное основание для установки средства автоматизации может испытывать различного вида вибрации по амплитуде смещения, амплитуде ускорения, частоте высокой или низкой, по резонансной частоте.

Вибрация естественным образом передается на средство автоматизации, закрепленное на технологическом оборудовании. СА как изделие должно быть устойчиво и прочно к воздействию наиболее часто встречаемых синусоидальных вибраций высокой частоты (от 57 до 62 Гц).

СА по устойчивости к вибрации подразделяются на ряд групп по исполнению; они могут размещаться в местах, в которых появляются временно или постоянно существуют вибрации различного вида.

Проектировщик АСУТП, ориентируясь на данные таблицы 18.Т6, которая соответствует таблице 3 ГОСТ 12997-84, может выбрать группу исполнения СА по вибрации. Для этого необходимо знать место размещения технологического оборудования и, соответственно, средства автоматизации, и иметь параметры частоты и амплитуды вибрации в месте установки СА.

Закладная конструкция требует особого внимания проектировщика АСУТП.

При отсутствии или несоответствии закладной конструкции (ЗК) требованиям СА следует подготовить и передать через заказчика изготовителю оборудования задание на ЗК.

Естественно, что в задании на ЗК должны учитываться данные технологического оборудования (конструкция, материал, изоляция, размеры, ориентация, расстояние между элементами коммуникаций и т. п.).

18.11. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНОГО СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

В разделах 18.2–18.10 рассмотрены вопросы, отражающие возможные воздействия, которые необходимо учитывать при выборе СА:

- влияние параметров окружающей среды;
- влияние опасных производственных зон объекта управления;
- влияние рабочей среды;
- технические данные технологического оборудования (аппаратов и коммуникаций).

По существу, все возможные воздействия на СА, которые рассмотрены выше, относятся к так называемому полевому уровню АСУТП. На СА более высоких уровней АСУТП оказывают воздействие в основном факторы, характерные для рабочего места и рабочей зоны.

Таким образом, в первых разделах данной главы определены факторы воздействия на средства автоматизации, которые непосредственно связаны с технологическим оборудованием объекта управления.

Продолжим поэтому ознакомление с требованиями, которые необходимо соблюдать при выборе СА полевого уровня.

Для чего, зачем нужно полевое СА? Кто использует информацию, которую выработывает СА; кто передаст информацию на СА, которое участвует в процессе регулирования или управления?

Ответы на эти вопросы рассматриваются в данном разделе.

Схема 18.Сх3 раскрывает функции, которые выполняет первичное (полевое) средство автоматизации. Первичные средства автоматизации имеют следующие назначения:

- измерение физической величины (измерение);
- контроль физической величины (контроль);
- регулирование физической величины (регулирование).

РМГ 29-99, п. 5 определяет **измерение** как совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соответствия (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Международное определение термина *measurement* – совокупность операций, выполняемых для определения значения величины.

Первичное техническое средство, применяемое при измерении, называется первичным измерительным преобразователем.

По определению РМГ 29-99:

«п. 6.17 измерительный преобразователь;

ИП

de Messwandler

en measuring transducer

fr transducteur de mesure

Техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Примечания:

1. ИП или входит в состав какого-либо измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы и др.), или применяется вместе с каким-либо средством измерения.

2. По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые преобразователи. По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи. Выделяют также масштабные и передающие преобразователи.

Примеры:

1. Термопара в термоэлектрическом термометре.
2. Измерительный трансформатор тока.
3. Электрический преобразователь».
4. **«п. 6.19 датчик**

Конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы (он «дает» информацию).

Примечания:

1. Датчик может быть вынесен на значительное расстояние от средства измерений, принимающего его сигналы.

2. В области измерений ионизирующих излучений применяют термин детектор.

Пример – датчики запущенного радиозонда передают измерительную информацию о температуре, давлении, влажности и других параметрах атмосферы».

В пособии применяется термин **контроль** – совокупность операций, выполняемых с использованием детектора для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового (установленного) значения.

При этом **детектор (detector)** по п. 6.26 РМГ 29-99 – техническое средство (или вещество), предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения.

Детектор дает дискретный сигнал типа «да-нет».

Детектор как средство осуществления контроля физической величины в отечественной и переводной технической литературе носит различные наименования:

– датчик (расстояния, приближения, давления, граничного уровня, протока, для регистрации положения и др.);

– датчик-реле, реле (давления, поплавковое, протока, уровня, температуры и т. п.);

– сигнализатор (суммы горючих газов, фотоэлектродный пламени, вибрационный предельного уровня, конечных положений);

– выключатель (вибрационный концевой, бесконтактный ВВ, бесконтактный ББ и др.);

– переключатель (уровня, давления);

– сенсор (емкостной приближения);

– преобразователь передающий (прибора контроля факела);

– фотосигнализатор пламени.

В пособии использованы термины «детектор» и «датчик-реле».

Датчики-реле широко применяются в системах, которые осуществляют:

– защитную и/или оперативную блокировку;

– управление запорными или позиционными регулирующими органами;

– предупредительную или аварийную сигнализацию;

– счет, позиционирование штучной продукции и изделий;

– учет числа вращений;

– иные функции, использующие точечный контроль физической величины.

Регулирование (от лат. *regulare* – приводить в порядок) – совокупность операций по применению технических средств, хранящих заданную физическую величину, обеспечивающих нахождение соответствия измеряемой величины с заданной величиной и выдачу регулирующей величины для управления исполнительным устройством.

Регулирование – совокупность операций, которые отличаются от совокупности операций управления. При функционировании первичного СА регулирование физической величины является одной из подсистем системы управления и направлено на то, чтобы характеристики физической величины находились в допустимых пределах, т. е. в пределах запаса устойчивого функционирования систем управления. Управление системой включает в себя ее регулирование, но, кроме того, связано с запуском и остановкой системы, с переводом стабильного состояния физической величины в другое стабильное (заданное) состояние.

Таким образом, **регулирование** – это воздействия, направленные на локализацию изменений нежелательных событий в системе, а **управление** – это воздействия, направленные на перевод подсистемы в новое состояние, на возникновение изменения физической величины.

Управление как совокупность операций предназначено для создания нового задания, а регулирование – для поддержания уже заданного. При регулировании цель задана, при управлении необходимо задавать/изменять цель, предопределять поведение системы в связи с изменением значения физической величины в пределах функционирования технологического процесса объекта управления.

В то же время при проведении операции «регулирование» на конкретное исполнительное устройство воздействуют сигналы/команды управления. В этом случае управляющее воздействие является неотъемлемой частью операции, которая осуществляет функцию регулирования.

Приведенные соображения помогают различать функции «управление» и «регулирование», а также различать управляющие функции (функции управления) и управляющие действия (воздействия) в период проведения тех или иных функциональных операций.

Первичное СА функционирует в рабочей среде (жидкость, газ, пар, твердое или сыпучее тело) – таблица 18.Т11 и служит для измерения, контроля или регулирования многих технологических физических величин (таблица 18.Т12), таких как:

- Т – температура;
- Р – давление, перепад давления, разряжение;
- F – расход;
- L – расстояние, уровень;
- D – плотность;
- G – размер;
- М – влажность;
- S – частота, скорость вращения;
- V – вязкость;
- W – масса;
- Q – качество;
- R – радиоактивность,

а также иные физические величины.

Функционирование первичного СА производится с соблюдением точности, которая достаточна в основном для использования при оперативном, техническом или метрологическом функционировании системы управления.

Оперативное функционирование: первичное средство автоматизации используется в системах управления и регулирования технологического процесса.

Техническое функционирование: первичное средство автоматизации используется в системах управления и регулирования технологических связей между подразделениями предприятия, ответственных за определение качества продукции.

Метрологическое функционирование: первичное средство автоматизации используется для измерения и регулирования физических величин по правилам и нормам метрологической службы юридического лица объекта управления.

По надежности функционирования средства автоматизации должны удовлетворять требованиям АСУТП по безотказности, ремонтпригодности, безопасности, долговечности, сохраняемости, живучести.

Указанные требования могут быть полностью или частично установлены «техническим заданием на создание АСУТП» или документом, заменяющим его. Подробнее о требованиях к средствам автоматизации изложено в разделах 5.4; 5.8 и 5.12.4 главы 5.

На схеме 18.Сх5.1 приведены основные требования и классификация изделия ГСП (Государственной Системы Приборов), даны ссылки на нормативные документы, определяющие то или иное требование.

При выборе средства автоматизации следует рассмотреть те требования, которые в той или иной степени отражают функции контура автоматизации, связанного с измерением физической величины. На схеме 18.Сх5.1 функции указаны в ряде прямоугольников во втором столбце.

Использование измеряемой физической величины в АСУТП для выполнения функций, которые определяются «техническим заданием на проектирование АСУТП» и схемой автоматизации СЗ (смотри раздел 12.4). В общем случае использование измеряемой физической величины в АСУТП, т. е. с применением средств вычислительной техники, представлено на схеме 18.Сх5.2.

Пять ступеней использования измерения включают:

- 1) собственно измерение физической величины;
- 2) обработка измерения;
- 3) представление информации об измеренной величине – показание и регистрация; в функции представление подразумевается также функция хранения информации;

- 4) воздействие в виде сигнализации (световой, звуковой, светозвуковой), управления, регулирования и блокирования. Эта ступень особенно важна в системах ПАЗ;

- 5) трансляция, передача информации на другой уровень управления или для связи с АСУТП другого ТООУ.

Буквенные обозначения функциональных признаков соответствуют группе 2 – использование информации – по ГОСТ 21.404–85 и ISO 3511/2.

О буквенных обозначениях написано в разделе 12.4.3 и обобщено в таблице 12.Т4.

18.12. ВИДЫ ПОЛЕВЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

В АСУТП полевые средства автоматизации подразделяются на виды, которые соответствуют функциям первичных СА по схеме 18.Сх3.

Виды полевых СА показаны на схеме 18.Сх4:

– первичный измерительный преобразователь (ПИП), сенсор;

– исполнительное устройство (ИУ).

ПИП в свою очередь подразделяется на:

– датчик измерительный, датчик;

– датчик-реле, детектор.

Термины «измерительный преобразователь» и «датчик» определены в 18.11.

Приведем определения других терминов.

Датчик-реле, детектор (п. п. 6.19, 6.26 РМГ 29-99) техническое средство, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения.

В РМГ 29-99 иностранное слово detector (п. 6.26) переводится как индикатор. Так как indicator в переводе с латинского языка означает указатель, то в технике индикатор ассоциируется с понятием видимого отображения (указания) состояния объекта или отклонения характеристики объекта от заданных пределов.

Латинское слово *detector* в переводе означает открыватель. Поэтому термин «детектор» созвучен с термином «датчик-реле», которое открывает путь установления наличия в конкретном месте какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения.

Датчик-реле, детектор аппаратно выполняет функцию контроля физической величины. Вторичное средство автоматизации, которое осуществляет функцию визуализации данных контроля физической величины, является **индикатором**, предназначенным для показа наличия какой-либо величины или превышения уровня ее порогового значения в конкретном месте и/или в конкретное время.

Исполнительное устройство (ИУ) по ГОСТ 14691-69 — устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с полученной командной информацией.

Примечание. ИУ состоит из двух функциональных блоков: исполнительного механизма и регулирующего органа и может оснащаться дополнительными блоками.

Виды полевых средств автоматизации рассмотрены в последующих разделах главы.

18.13. ДАТЧИК-РЕЛЕ

Датчик-реле или детектор имеет широкое распространение на приборном рынке. Датчик-реле применяется для определения точечного значения многих физических величин, таких как:

- температура (электроконтактный термометр);
- давление, вакуум (электроконтактный манометр);
- разность давлений (пороговое значение уровня, расхода, протока);
- расход, скорость движения (по разности давления, отклонения подвижного элемента и др.);
- уровень (разность давления, положение поплавка, наполнение резервуара/емкости сыпучими или жидкими материалами);
- размер;
- скорость, вращение, частота;
- качество (рН-потенциал, Redox-потенциал и др.).

Датчик-реле используется для определения конечного или промежуточного положения подвижных элементов, расстояния между элементами, толщины изделий, неровности поверхности, для распознавания различных материалов и т. д. и т. п.

Датчики-реле по воздействию на них определяемой физической величины разделяются на контактные и бесконтактные.

Контактный датчик-реле — СА, чувствительный элемент которого непосредственно соприкасается с контролируемым веществом, средой или объектом воздействия.

Бесконтактный датчик-реле — СА, в котором осуществляется коммутационная операция при определенном взаимном положении объекта воздействия и чувствительного элемента СА без механического контакта СА с объектом воздействия.

Действия контактного датчика-реле для контроля физической величины основано на использовании того же принципа измерения, который применен в измерительном датчике этой физической величины.

Разница между измерительным датчиком (ИД) и датчиком-реле (ДР) заключается в использовании измерительного сигнала.

Для ИД измерительный сигнал по измерительному каналу передается на измерительный прибор (показывающий, регистрирующий, печатающий, вычислительный и т. д.).

В ДР измерительный сигнал сравнивается с мерой, соответствующей установленной величине измерения. На выходе ДР формируется дискретный сигнал («да», «нет»), который функционирует в цепи контроля физической величины.

В электрической цепи контроля **контактную коммутацию** дискретного сигнала может осуществлять механический контакт, контакт реле или геркон.

Бесконтактную коммутацию дискретного сигнала может осуществлять полупроводниковый элемент посредством изменения проводимости полупроводника.

В качестве нагрузки в цепи контроля может использоваться вход контроллера, электронная схема, обмотка реле или контактора. Цепь контроля должна иметь электрическое питание в пределах диапазона рабочего напряжения при номинальном токе нагрузки.

Коммутационная схема с использованием бесконтактного элемента зависит от параметров электропитания и характера нагрузки.

По электрическому питанию коммутационные элементы допускают применение:

- постоянного тока напряжения 10–30 В с пульсацией не более 10 % номинального напряжения, при этом обеспечивается коммутация активной и индуктивной нагрузки;

- переменного тока напряжением 60–250 В, при этом обеспечивается коммутация активной и слабоиндуктивной нагрузки с током удержания до 0,2 А (возможно непосредственное подключение катушки пускателя или аналогичного исполнительного механизма с соответствующими электрическими параметрами по напряжению и току срабатывания).

На схеме 18.Схб приведены варианты возможных схем подключения бесконтактных элементов на базе PNP- и NPN-транзисторов в цепях постоянного и переменного тока.

Особо отметим возможность использования бесконтактного транзисторного выхода для получения аналогового сигнала в диапазоне 0–20 мА постоянного тока.

Контактная коммутация датчика-реле осуществляется по схемам постоянного или переменного тока с нормально открытым контактным элементом, как изображено на схеме 18.Схб.

Принципы измерения датчиков-реле контроля физических величин рассмотрены в разделах, посвященных первичным измерительным преобразователям (18.15–18.19).

18.13.1. Бесконтактный датчик-реле

В данном разделе приведены некоторые характеристики датчиков-реле бесконтактного типа – бесконтактных выключателей и бесконтактных датчиков положения. Эти датчики-реле представляют специфический сектор промышленной электроники.

Датчики-реле указанного типа различаются по принципу действия:

- емкостной;
- индуктивный;
- оптический;
- ультразвуковой;
- магниточувствительный.

Возможно появление на приборном рынке датчика-реле, использующего другие принципы действия, например лазерный.

Приведем в соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 некоторые определения и термины.

Датчик-реле бесконтактного типа определяется как **бесконтактный выключатель (ВБ)**, т. е. позиционный выключатель, приводимый в действие внешним объектом воздействия без механического контакта выключателя с движущимся объектом.

Емкостной ВБ (ВВЕ) – ВБ, создающий электрическое поле в зоне чувствительности и имеющий полупроводниковый коммутационный элемент.

Индуктивный ВБ (ВБИ) – ВБ, создающий электромагнитное поле в зоне чувствительности и имеющий полупроводниковый коммутационный элемент.

Оптический ВБ (ВБО) – ВБ, обнаруживающий объекты, прерывающие или отражающие видимое или невидимое оптическое излучение, и имеющий полупроводниковый коммутационный элемент.

Ультразвуковой ВБ (ВБУ) – ВБ, обнаруживающий объекты, прерывающие или отражающие ультразвуковое излучение, и имеющий полупроводниковый коммутационный элемент.

Немеханический магнитный (магнитно-чувствительный) ВБ (ВБМ) – ВБ, обнаруживающий наличие (и изменение) напряженности постоянного магнитного поля, имеющий полупроводниковый коммутационный элемент и не содержащий подвижных частей в чувствительном элементе.

Активная поверхность ВБ. Поверхность ВБ, излучающая и воспринимающая электромагнитное поле или электрическое поле; поверхность ВБМ, через которую воспринимается изменение напряженности постоянного магнитного поля объекта. (Активная поверхность в зависимости от вида корпуса может быть кругом, квадратом, прямоугольником, кольцом в виде щели).

Относительная ось. Ось, перпендикулярная активной поверхности и проходящая через ее центр.

Расстояние срабатывания (S). Расстояние, при котором объект воздействия, приближаясь к активной поверхности ВБ по относительной оси, изменяет выходной сигнал выключателя.

Номинальное расстояние срабатывания (S_n). Условное значение расстояния срабатывания. Оно не учитывает допуски при изготовлении или отклонении, обусловленные внешними факторами, такими как напряжение питания и температура.

Реальное расстояние срабатывания (S_r). Расстояние срабатывания конкретного бесконтактного выключателя, измеренное при номинальном напряжении питания, определенных температуре и условиях монтажа.

Гарантированный интервал срабатывания (S_a). Интервал, начинающийся от активной поверхности, внутри которого гарантируется нормальная работа бесконтактного выключателя в нормированных условиях эксплуатации.

Зона чувствительности (S_d). Зона, в пределах которой может быть установлено расстояние срабатывания. Она ограничивается максимальным и минимальным расстоянием срабатывания.

Частота циклов срабатывания (f). Число циклов срабатывания, произведенное бесконтактным выключателем за единицу времени.

Свободная зона. Пространство вокруг бесконтактного выключателя, свободное от присутствия материалов, способных влиять на характеристики ВБ.

Демпфирующий материал. Материал, который оказывает влияние на характеристики бесконтактного выключателя.

Бесконтактный выключатель утапливаемого исполнения. Бесконтактный выключатель имеет утапливаемое исполнение, если демпфирующий материал может окружать ВБ до плоскости активной поверхности без влияния на характеристики ВБ.

По европейской терминологии такой выключатель определяется как устанавливаемый заподлицо в металл или встраиваемый, т. е. ВБ неизменяющий технических характеристик при окружении его металлом до плоскости активной поверхности (рисунок 18.P1).

Бесконтактный выключатель неутапливаемого исполнения. Бесконтактный выключатель имеет неутапливаемое исполнение, если вокруг его активной поверхности необходима свободная от демпфирующего материала зона для сохранения характеристик ВБ.

По европейской терминологии это ВБ, не устанавливаемый заподлицо в металл или невстраиваемый, обычный, т. е. вокруг чувствительного элемента должна быть свободная зона (рисунок 18.P1).

Воспроизводимость (точность повторения) (R). Изменение реального расстояния срабатывания (S_r) в нормированных условиях.

Гистерезис (дифференциальный ход) (H). Расстояние между точкой срабатывания ВБ при приближении объекта воздействия вдоль относительной оси и точкой возврата в исходное состояние при удалении объекта.

Задержка готовности (t_v) – промежуток времени между включением питания и моментом готовности выключателя к нормальному функционированию.

В бесконтактных выключателях приняты специальные меры для того, чтобы они не выходили из строя при некачественном питании, перегрузках или ошибках обслуживающего персонала. Все ВБ постоянного тока имеют защиту от ошибки полярности напряжения питания. Многие ВБ имеют встроенные ограничители напряжения. Кроме того, применяется встроенная защита от перегрузки по току и от короткого замыкания в нагрузке:

– бистабильная защита; при перегрузке выхода по току защита прерывает ток через бесконтактный выключатель, для восстановления функционирования ВБ после срабатывания защиты следует кратковременно прервать подачу питающего напряжения или переключить его управляющим воздействием;

– тактовая защита; при перегрузке выхода по току защита прерывает ток через бесконтактный выключатель, через короткое время защита восстанавливает цепь и, если перегрузка осталась, вновь прерывает ток, циклы повторяются до устранения перегрузки.

18.13.2. Емкостной бесконтактный выключатель

ВБЕ имеет активную поверхность в виде двух металлических пластин «развернутого» в одну плоскость конденсатора в цепи высокочастотного генератора. При отсутствии объекта воздействия вблизи активной поверхности генератор не выдает выходного сигнала. При приближении к активной поверхности объект воздействия изменяет параметры электрического поля конденсатора, генератор начинает вырабатывать колебания, величина которых увеличивается по мере приближения объекта. Настроенный на определенную амплитуду колебаний коммутационный элемент выдает выходной сигнал. Объектом воздействия на ВБЕ может быть как диэлектрический, так и электропроводящий материал.

Реальное расстояние срабатывания ВБЕ S_r максимально при воздействии металлических, электропроводящих объектов. При воздействии объектов из диэлектрических материалов с различной диэлектрической проницаемостью ϵ_r расстояние S_r уменьшается в зависимости от ϵ_r , что необходимо учитывать при выборе ВБЕ (смотри таблицу и график приложения 18.Пр2).

Размер объекта воздействия также влияет на реальное расстояние срабатывания S_r ; чем меньше нормативного объект воздействия (смотри ниже), тем меньше расстояние срабатывания (S_r), что изображено схематически на графике приложения 18.Пр2.

Отметим, что в технических характеристиках ВБЕ номинальное расстояние срабатывания S_n , а также гарантированный интервал воздействия S_a , указаны при воздействии заземленного металлического объекта размерами $50 \times 50 \times 1$ мм, при этом $S_r = 100\%$ ($0,9S_n < S_r < 1,1S_n$).

Для ВБЕ S_a определено в соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 в 72 % от S_n ($S_a = 0,72S_n$).

Для исключения непосредственного контакта активной поверхности ВБЕ с жидкими и сыпучими материалами (химически агрессивными и гигиенически чистыми) следует использовать защитную диэлектрическую перегородку из соответствующих материалов с малой диэлектрической проницаемостью ϵ_r и толщиной, которая значительно меньше S_r . В то же время выпускаются ВБЕ, предназначенные для погружения в материал.

На работу ВБЕ оказывает влияние:

- диэлектрическая проницаемость объекта воздействия ϵ_r ;
- величина свободной зоны (зависит от конструктивного решения установки ВБЕ);
- демпфирующий материал (для ВБЕ – металл активной поверхностью на расстоянии более 3 S, при меньшем расстоянии до металла снижается чувствительность ВБЕ);
- атмосферные осадки (снег, дождь, иней, конденсат) в свободной зоне;
- запыленность окружающей среды;
- температура окружающей среды (не ниже -25°C по техническим характеристикам);
- изменение электрического поля из-за воздействия внешних посторонних объектов.

Воспроизводимость составляет менее 5 %, гистерезис – менее 15 %.

Величина номинального расстояния срабатывания S_n ВБЕ варьируется от 5 до 50 мм, а гарантированный интервал срабатывания S_a лежит в диапазоне 0–72 % S_n или 0–36 мм. Эти величины следует учитывать при выборе ВБ.

Частота циклов срабатывания, как правило, не превышает 10 Гц. Однако в некоторых ВБЕ частота может быть увеличена до 100 Гц.

Задержка готовности обычно бывает менее 300 мс. Это время следует учитывать при блокировании выхода ВБ с целью исключения ложных срабатываний, а также при последовательном включении двух ВБ.

ВБЕ имеют как латунный, так и пластиковый корпус, который бывает утапливаемым или неутапливаемым, исполнение защиты IP65 или IP67. ВБЕ может иметь различные коммутационные схемы с напряжением 10–30 В и 30–250 В постоянного тока или 60–250 В переменного тока.

ВБЕ в разных модификациях может иметь различный способ подключения контрольного кабеля – разъем, клеммная коробка, кабель длиной 2 м – $4 \times 0,35 \text{ мм}^2$, $3 \times 0,35 \text{ мм}^2$ или $2 \times 0,35 \text{ мм}^2$ со штуцером для крепления защитных элементов кабеля или без штуцера, винтовой зажим.

ВБЕ имеет индикатор срабатывания выключателя, защиту от обратной полярности и короткого замыкания в нагрузке, подстроечный элемент для изменения чувствительности ВБ.

ВБЕ предназначен для эксплуатации в температурном диапазоне от $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+80 \text{ }^\circ\text{C}$.

ВБЕ может применяться для контроля следующих параметров:

- уровень наполнения/опорожнения различных емкостей сыпучими и жидкими материалами;
- уровень содержимого в упаковке, таре;
- разрыв лент;
- наличие жидкости в трубопроводе;
- позиционирование и счет объектов различного рода из неметаллических материалов.

18.13.3. Индуктивный бесконтактный выключатель

ВБИ имеет чувствительный элемент в виде катушки индуктивности с магнитопроводом, который открыт со стороны активной (рабочей) поверхности.

При подаче питания на катушку перед активной поверхностью образуется переменное магнитное поле. При попадании магнитного объекта в магнитное поле колебания генератора затухают, амплитуда аналогового сигнала уменьшается, что вызывает срабатывание бесконтактного выключателя и переключение выхода ВБИ.

ВБИ весьма эффективны в качестве конечных выключателей в автоматических линиях и поточно-транспортных системах, так как не чувствительны к наличию немагнитных материалов. ВБИ работают для определения наличия металлических деталей, в том числе специально устанавливаемых на элементах технологического оборудования. Металлическая деталь, обычно это квадратная пластина толщиной 1 мм со стороной, равной $3 S_n$ или трем диаметрам чувствительной поверхности ВБИ.

В технических характеристиках ВБИ указаны номинальные расстояния срабатывания S_n и гарантированный интервал воздействия (S_a) – $S_a = 81 \% S_n$. Металлическая пластина из разных металлов уменьшает расстояние срабатывания, которое

учитывается поправочным коэффициентом K (см. приложение 18.Пр3). Также следует учитывать коэффициентом K площадь объекта воздействия.

Щелевые ВБИ обеспечивают более точное позиционирование объекта.

ВБИ имеет высокую частоту срабатывания, что отражено в таблице приложения 18.Пр3.

На индуктивный датчик не воздействуют неметаллическая пыль, грязь, повышенная влажность окружающей среды.

ВБИ имеют широкий диапазон рабочих температур – от минус 45 °С до +80 (100) °С. Воспроизводимость составляет менее 5 %, а гистерезис – менее 15 %.

Величина номинального срабатывания (S_n) ВБИ широко варьируется – от 1,5 до 45 мм.

Гарантированный интервал срабатывания лежит в диапазоне от 0 до 81 % S_n .

Частота срабатывания ВБИ выше частоты срабатывания ВВЕ и составляет 50–1500 Гц.

ВБИ может иметь пластмассовый или металлический корпус со степенью защиты от IP65 до IP67 или IP68K.

ВБИ имеют различные типоразмеры и различные коммутационные схемы с напряжением питания: 10–30 В постоянного тока и 20–250 В переменного тока. Последние не требуют блока питания.

ВБИ бывают без электрической защиты выхода от перегрузок для использования при длинных (более 100 м) цепях нагрузки.

При выборе ВБИ следует обратить внимание на возможности кабельных подключений.

18.13.4. Оптический бесконтактный выключатель

Оптический бесконтактный выключатель (ВБО) имеет излучатель и приемник оптического излучения. Это может быть инфракрасное или лазерное излучение.

В соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 ВБО имеет термины, отличающиеся от терминов ВВЕ и ВБИ.

Излучатель. Устройство, состоящее из источника оптического излучения, линз и необходимой электрической схемы, создающее оптический луч.

Приемник. Устройство, состоящее из чувствительного элемента, линз и необходимой электрической схемы, воспринимающее оптический луч от излучающего устройства.

Отражатель. Специальное устройство, применяемое для отражения оптического луча к приемному устройству в оптических выключателях типа R.

Зона чувствительности (S_d). Зона, в пределах которой может быть установлено расстояние срабатывания. Она ограничивается максимальным и минимальным расстоянием срабатывания.

Минимальное расстояние срабатывания. Нижний предел зоны чувствительности бесконтактного оптического выключателя.

Максимальное расстояние срабатывания. Верхний предел зон чувствительности бесконтактного оптического выключателя.

Слепая зона. Зона от активной поверхности выключателя до минимального расстояния срабатывания. В слепой зоне объект воздействия не обнаруживается.

ВБО имеют три типа: Т, R, D (смотри приложение 18.Пр4).

Тип Т (барьерный, на прямом луче) – в отдельных корпусах размещаются излучатель и приемник и располагаются соосно. Прямой оптический луч перекрывается объектом воздействия. ВБО типа Т отличаются большой дальностью действия (до нескольких десятков метров) и большой помехозащищенностью от внешних факторов – пыли, влаги, тумана.

Излучатель и приемник развязаны по электрическому питанию (что не всегда удобно при монтаже) и заказываются как два различных изделия.

Зона чувствительности (S_d) ВБО типа Т определяется удаленностью приемника от излучателя и изменяется с помощью регулятора чувствительности приемника; максимально S_d составляет 16 м.

К ВБО типа Т относятся многолучевые **оптические защитные барьеры**.

Светодиоды излучателя барьера расположены в одну линию с шагом 20 мм и формируют излучение в одной плоскости. Параллельные лучи воспринимаются рядом фотодиодов приемника.

Высота защитного барьера может быть до 1 м, а удаление приемника от излучателя – до 16 м. Общий индикатор приемника реагирует на перекрытие хотя бы одного луча из целого ряда лучей.

Оптический защитный барьер применяется в системе запрета или ограничения доступа в опасную или контролируруемую зону различных непрозрачных посторонних предметов.

Тип R (рефлекторный, на отраженном от рефлектора луче) – в одном общем корпусе размещается излучатель и приемник. На расстоянии от сенсора может быть неподвижно расположен отражатель (рефлектор) и отраженный луч принимается приемником, если отсутствует перекрывающий луч посторонний объект – вариант 1.

При использовании варианта 2 в луч попадает подвижный отражатель, и отраженный луч возвращается в приемник.

Электропитание излучателя и приемника поступает в объединенный корпус, что удобно при монтаже.

Отражатель входит в комплект поставки ВБО. Для крепления сенсора и отражателя следует дополнительно заказывать специальные кронштейны.

Для ВБО типа R зона чувствительности регулируется и зависит от расстояния от сенсора до отражателя и может достигать 8 м.

Тип D (диффузный, на отраженном от объекта рассеянном луче) – в общем едином корпусе размещается излучатель и приемник сигнала. Объект воздействия, попадая в луч от излучателя, отражает часть луча на приемник. При этом объект воздействия может перемещаться как вдоль оси луча, излучателя, так и под углом к нему.

Преимущество ВБО типа D в простоте применения, так как не требуется дополнительных элементов. Однако за контролируемым предметом не должно быть предметов с большой отражательной способностью. Расстояние срабатывания, которое соответствует зоне чувствительности и указывается в каталоге на ВБО типа D, определено на стандартном объекте воздействия по ГОСТ 50030.5.2-99. Это лист белой бумаги с отражающей способностью 90 % и размерами 100×100 мм при S_{max} до 400 мм или лист белой бумаги с отражающей способностью 90 % размерами 200×200 мм при расстоянии срабатывания (S_{max}) более 400 мм (тест – карта Кодак). Некоторые датчики имеют S_d до 1000 мм.

Объект воздействия, который отличен от стандартного объекта, будет иметь иное расстояние срабатывания, которое можно приближенно определить, применив поправочный коэффициент K .

Зона чувствительности регулируется подстроечным элементом. Электропитание ВБО типа D подается как для типа R в один корпус.

ВБО типа D могут дополняться двумя отдельными оптоволоконными кабелями, подключенными к излучателю и приемнику.

Образованный таким способом **оптоэлектронный датчик** может использоваться в режимах, соответствующих выключателям типа T (перекрывается путь луча от одного кабеля к другому) или R (контролируемый объект отражает луч от кабеля излучателя к оптокабелю приемника).

Световодная система устанавливается в стесненных условиях вблизи контролируемого объекта, а корпус приемника и излучателя может быть вынесен в сторону.

Система позволяет определить предметы весьма малой величины до 0,5 мм в поперечнике. Оптокабельные головки могут выдерживать высокие температуры – до 250 °С и устойчивы ко многим химическим составляющим окружающей среды.

К оптоэлектронным датчикам относятся **лазерные датчики**. Лазерные датчики бывают типа T или типа R. Датчик применим для обнаружения мелких предметов или в случае необходимости очень точного определения положения контролируемого предмета.

Лазерное излучение дает практически параллельный пучок света, что позволяет увеличить зону чувствительности до 60 м. Лазерная точка хорошо видна в любое время суток, что упрощает настройку датчика. В то же время узкий пучок излучения чувствителен к вибрации в месте установки датчика. Установка датчика должна быть такова, чтобы предотвратить случайное или преднамеренное ослепление лазерным лучом.

Следует учесть, что лазерный датчик дороже оптодатчиков других типов.

Все типы ВБО чувствительны к внешним факторам окружающей среды – пыли, дыму, атмосферным осадкам и др. Фоновые объекты и внешние факторы среды компенсируются в большинстве случаев регулировкой чувствительности выключателя.

Все ВБО имеют защиту от ошибки полярности напряжения постоянного тока, имеют ограничения напряжения и защиту от перегрузки по току и от короткого замыкания.

Электрическое питание большинства ВБО осуществляется от сети постоянного тока напряжением 12–24 В с трех- или четырехпроводными схемами подключения.

Отдельные ВБО запитываются переменным током номинальным напряжением 220 (110) В с пятью выводами для подключения.

Излучатель защитного барьера получает питание постоянного тока напряжением 12–24 В.

Подключение сети к датчику ВБО осуществляется способами, отмеченными выше в 18.13.2.

18.13.5. Ультразвуковой бесконтактный выключатель

Ультразвуковой бесконтактный выключатель (ВБУ) построен на принципе барьера, на прямом луче (through-beam – тип T). Излучатель ультразвукового импульса

работает на частоте 40 кГц, приемник сигнала улавливает импульсы при условии, если звуковой поток не перекрыт контролируемым объектом.

Контролируемый объект может быть любой физической структуры – жидкость, порошок, твердое тело из любого материала, в том числе прозрачного (стекла, пластмассы). На ВБУ не влияет наличие пыли, дыма, тумана, света, постороннего звука. Диапазон рабочих температур от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ при степени защиты корпуса – IP67.

Диапазон срабатывания – от 0 до 600 мм. Частота срабатывания – до 10 Гц. Напряжение питания излучателя и приемника – 12–24 В постоянного тока, подаваемое различными кабелями. ВБУ имеет защиту от короткого замыкания в нагрузке и защиту от напряжения обратной полярности.

Излучатель и приемник имеют индикаторы о подаче напряжения и срабатывании приемника.

Излучатель и приемник должны заказываться как самостоятельное изделие.

18.13.6. Магниточувствительный бесконтактный выключатель

ВБМ основан на использовании воздействия перемещаемого постоянного магнита через немагнитическую стенку на геркон (магнитоуправляемый контакт), вызывающим его переключения или воздействия на бесконтактный магнитный выключатель. Пояснение к работе ВБМ приведено в приложении 18.Пр5.

Геркон может служить непосредственно для контактной коммутации электрической цепи, либо может переключать твердотельное реле с бесконтактной коммутацией электроцепи.

ВБМ чаще всего используется как встраиваемое изделие в поплавковые реле-датчики уровня, а также для контроля положения подвижных частей механизмов, например поршней.

Диапазон рабочих температур от $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$, степень защиты – IP67, частота циклов срабатывания 40 Гц.

18.13.7. Выбор бесконтактного выключателя

В предыдущих подразделах изложены основные понятия об устройстве, принципах действия, функционировании, применении и особенностях эксплуатации бесконтактных выключателей разного типа. Приведенные понятия позволяют проектировщику оценить принципиальную возможность функционирования ВБ в конкретных условиях проектируемого объекта управления.

Выбор ВБ рекомендуется производить в следующей последовательности, которая учитывает:

- климатические условия;
- вид объекта воздействия;
- конструкцию технологического оборудования;
- параметры ВБ.

При выборе ВБ следует обратить внимание на степень защиты, температурный диапазон эксплуатации, конденсат, влажность, запыленность в месте установки.

Объект воздействия в виде металлической или диэлектрической конструкции (пластины), соединенной с движущейся частью оборудования контроля учитывается при выборе ВБИ.

Перемещение или наличие любого материала (жидкого или сыпучего) в резервуаре, емкости, трубе, позиционирование различных объектов из неметаллических предметов служат объектом воздействия на ВБЕ.

Контроль наличия, перемещения и размеров объекта из любого непрозрачного материала возможен с использованием ВБО.

ВБУ применимы для определения уровня и высоты заполнения резервуара, емкости, для определения провиса, разрыва, диаметра рулона, для распознавания прозрачных объектов и др.

ВБМ используется, как правило, в качестве составной части поплавковых устройств контроля уровня или положения объекта со встроенным магнитом.

Конструктивные особенности технологического оборудования влияют на габариты и вид корпуса ВБ и расстояние срабатывания.

Корпуса ВБ бывают металлическими (сталь, покрытая латунью) или пластмассовыми, выполненными в виде цилиндра, квадратного или прямоугольного сечения, со щелью.

Корпуса изготавливаются для установки заподлицо или выступающим над поверхностью конструкции оборудования.

Все корпуса оснащены элементами крепления к технологическим или иным несущим конструкциям.

Корпус ВБ имеет различное исполнение по способу подключения к электрической части оборудования:

- встроенным кабелем;
- встроенным кабелем со штуцером для крепления защиты кабеля;
- штепсельным разъемом;
- зажимом проводов под винты в клеммной коробке.

Способ подключения электропитающей коммуникации влияет на стоимость ВБ в сравнительном соотношении:

- кабель со штуцером – 100 %;
- штепсельный разъем – около 105 %;
- клеммная коробка с винтовым соединением – около 110 %.

Отметим, что кабельное подключение имеет длину кабеля в 2 м, что в большинстве случаев потребует удлинения кабельной контрольной цепи через добавочное соединительное устройство (щит, коробка и т. п.). В то же время предприятие-изготовитель по спецзаказу может поставить кабель большей длины, сечением проводов 0,35 мм².

Все способы подключения электрокоммуникаций обеспечивают ВБ степень защиты IP65, для некоторых ВБ обеспечивается степень защиты IP67, отдельные ВБИ имеют степень защиты IP69K.

Многие ВБ постоянного тока имеют бистабильную защиту выхода от перегрузки по току с соответствующим обозначением в изделии.

При перегрузке выхода по току защита прерывает ток через ВБ. Такой ВБ без повреждения выдерживает короткое замыкание нагрузки, кратковременные выбросы тока. Выбросы тока чаще происходят при работе на емкостную нагрузку, особенно

при подключении ВБ длинным кабелем. При длине кабеля более 100–150 м следует применять ВБ без защиты, в этом случае максимальный ток достигает 400 мА.

ВБ без защиты выхода от перегрузки имеют соответствующее обозначение.

ВБ имеют различные схемы подключения выводов и типы выходов постоянно-го, переменного или постоянного/переменного тока различного напряжения.

Коммутационные виды бесконтактных дискретных выключателей освещены ранее в данном разделе.

Каждое предприятие (фирма)-изготовитель имеет свою систему обозначения ВБ. При выборе ВБ по каталогу фирмы следует ответить на все пункты обозначения выключателя по каталогу.

В заключение обращаем внимание на таблицу 18.Т13, в которой приведено сравнение основных характеристик бесконтактных выключателей.

Укажем также сравнительные стоимости ВБ различных типов, которые можно использовать для контроля в аналогичных условиях:

- ВБИ 100 %;
- ВБЕ – около 180 %;
- ВБО – более 210 %.

Кроме того, стоимость установки ВБ зависит от:

- рациональной прокладки кабельных и трубных проводок;
- создания защитных соединений и заземлений;
- установки устройств защиты.

Влияние импульсов высоких напряжений изложено в разделе 8.11 главы 8.

18.14. Первичный измерительный преобразователь

Первичный измерительный преобразователь (ПИП) или сенсор в современной практике может представлять датчик обычного типа или интеллектуальный датчик.

К датчикам обычного типа относятся датчики со следующими выходными сигналами, которые возможно использовать в АСУТП:

– с номинальной статической характеристикой (НСХ) RS, В, К, L по ГОСТ Р 8.585-2001 – преобразователь термоэлектрический;

– с НСХ 50П, 100П, 50М, 100М, Pt100, Pt500, Pt1000, Cu50, Cu100 по ГОСТ 6651-94 – термопреобразователь сопротивления;

– с сигналами унифицированными токовыми ± 5 , ± 20 , 0–5, 0–20, 4–20 мА;

– с сигналами унифицированными напряжения 0–100 мВ, 0–1, 0–5, 0–10, ± 5 , ± 10 В по ГОСТ 26.011-80;

– с выходом типа «сухой» контакт (реле – 5 А, –220 В; транзистор, тиристор – =10–30 В, = 35–250 В);

– с сигналами взаимной индуктивности 0–10 мГн – дифтрансформаторный датчик;

– с проволочным или фольговым тензорезистором по ГОСТ 22836-77.

К ПИП следует отнести трансформатор тока с выходным сигналом 0–1, 0–5 А; трансформатор напряжения с сигналом 0–100 В.

Выходной сигнал по сети передачи данных поступает на вход вторичного прибора или на вход модуля/блока аналогового сигнала (АИ) вычислительной техники.

Однако не все перечисленные виды аналоговых сигналов могут приниматься входными элементами вторичных приборов или ВТ. В таком случае следует применить нормализатор аналогового сигнала. Нормализатор можно установить вблизи ПИП или в специальном помещении на удалении от ПИП.

Нормализатор или нормирующий преобразователь (НП) предназначен для преобразования в унифицированный токовый сигнал:

- сигнала активного сопротивления постоянного тока от термопреобразователя;
- сигнала напряжения от преобразователя термоэлектрического;
- сигнала постоянного тока;
- сигнала постоянного напряжения;
- сигнала взаимной индуктивности.

Дополнительными функциями НП являются, как правило, предварительная фильтрация первичных сигналов, а также обеспечение надежной гальванической развязки между измерительными (входными) цепями и выходными (унифицированными) цепями.

Нормирующий преобразователь может быть объединен в единое изделие с блоком питания, блоком искрозащиты и др. Примером могут служить: блок питания и корнеизвлечения Метран-611; блок питания, защиты и сопряжения БПЗС – Ех группы «Метран».

Интеллектуальный датчик или интеллектуальный первичный измерительный преобразователь (ИПИП) появился, развивался и продолжает развиваться как составная часть техники микроэлектроники и микропроцессорной технологии.

Интеллектуальный датчик – средство автоматизации, осуществляющее получение, обработку и преобразование информации в цифровой сигнал в месте установки.

Выбор интеллектуального датчика по применению того или иного интерфейса связи должен производиться с учетом применяемых средств вычислительной техники, программных средств и средств информационной технологии. При выборе СА необходимо учитывать наличие входных/выходных интерфейсов ВТ, возможности программных пакетов, топологию информационной сети.

На выбор интеллектуальных средств автоматизации (ИСА), к которым относятся интеллектуальные датчики и исполнительные устройства интеллектуального типа, оказывают следующие влияния:

- физическая среда передачи данных;
- предельная длина предполагаемой полевой сети (или ее сегмента);
- территориальное расположение ИСА;
- число ИСА, которое можно подключить к полевой сети или ее сегменту по топологии расположения ИСА и сети;
- объем передаваемых данных за цикл в сети;
- допустимое время цикла в сети;
- скорость передачи данных по сети при определенном числе ИСА в сети;
- недостаточный ассортимент ИСА в России.

Сегмент (Segment) – секция сети, ограниченная коммутаторами, мостами, концентраторами, повторителями. Иногда сеть, связанную повторителями при шинной топологии, также называют сегментом.

Цифровая информация передается с полевого уровня АСУТП на более высокий уровень при помощи промышленной сети. Подробно о промышленной сети изложено в главе, посвященной выбору средств ВТ и SCADA – систем (глава 19).

Здесь отметим лишь следующее.

Промышленная сеть в зависимости от области применения разделяется на два уровня.

Контроллерная сеть (Field level) решает задачи по управлению процессом производства, сбора и обработки данных на уровне промышленных контроллеров, т. е. контроллерная сеть связывает контроллеры между собой и с рабочими станциями операторов.

Полевая или сенсорная сеть (Sensor/actuator level) или сеть низовой автоматизации/сеть полевых приборов решает задачи опроса ИПИП и управления ИМ.

В данном разделе интерес представляет полевая сеть. Эта сеть представлена на мировом рынке услуг широким спектром. Сеть характеризуется такими качествами:

- цикл опроса до 100 мс;
- длина сети до 1,0–1,5 км;
- объем данных в цикле до 8 байт;
- низкая стоимость подсоединения СА – до 100 евро.

К типичным полевым сетям относятся:

- HART – протокол (Highway Addressable Remote Transducer) на базе токовой петли 4–20 mA с модуляцией цифрового сигнала – 1200 Гц и 2200 Гц;
- MODBUS на физическом интерфейсе RS – 485 (чаще всего), RS – 232C, RS – 422 или токовой петле 4–20 mA;
- PROFIBUS – PA (PROcess Field BUS – Process Automation) с возможностью использования во взрывоопасных зонах для СА, имеющих тип взрывозащиты Ex (i);
- Foundation Fieldbus (FF) с протоколом сети H1 с возможностью использования во взрывоопасных зонах для СА, имеющих тип взрывозащиты Ex (i);
- ASI (Actuator/Sensor Interface) – интерфейс исполнительных устройств и датчиков со специальной интерфейсной микросхемой ASI – протокола в каждом СА;
- Interbus – S на физическом стандарте RS – 485 с двумя коннекторами (прием – передача) для каждого узла;
- Device Net построена на использовании 4-проводного кабеля без применения устройств ввода/вывода в контроллере или ПК.

В настоящее время на внутреннем рынке Российской Федерации некоторые СА оснащаются сетевыми интерфейсами для подключения в сеть: HART, PROFIBUS – PA, FF (H1).

Сигнал от датчика обычного типа или информация от датчика интеллектуального типа должны быть согласованы на физическом (1) и на уровне передачи данных (2) модели OSI с сетью передачи данных и входными элементами вторичного прибора или средства вычислительной техники. Этой цели достигают правильным подбором физического интерфейса и протокола полевой сети.

Интерфейс (*англ.* Interface, от *лат.* inter = между + *англ.* Face = лицо):

- аппаратные или/и программные средства, обеспечивающие взаимодействие между двумя устройствами или системами;
- сетевое соединение;
- граница между смежными уровнями модели OSI.

Протокол – формальное описание набора правил и соглашений, которые управляют обменом информацией (последовательность и формат сообщений, безопасность) между устройствами по сети.

Канал передачи данных в полевой сети использует, как правило, один физический канал. Поэтому промышленная сеть уменьшает стоимость сети передачи данных, сокращает число кабелей и кабельного оборудования. В то же время передача данных последовательно по одному каналу позволяет увеличить надежность передачи данных на большие расстояния, но увеличивает время передачи пропорционально длине строки цикла передачи.

В данном разделе отметим интерфейсы, используемые в промышленных сетях для передачи данных.

Интерфейс RS-232C – широко используемый интерфейс для обеспечения передачи данных между компьютерами, модемами и терминалами в различных режимах (симплексном, полудуплексном, дуплексном) со скоростью передачи в диапазоне от 50 до 38400 бод.

Интерфейс использует импульсы ± 12 В, кодирующих «0» и «1» и стандартные 9- или 25-контактные разъемы при физическом соединении «точка к точке» по двухпроводной экранированной, заземленной паре (TD, RD, CND) длиной до 15 м при максимальной скорости передачи данных. Длина может быть увеличена при снижении скорости передачи (900 м при 1200 бод).

В европейских странах действует **интерфейс V.24**, который соответствует RS-232C.

При проектировании следует заказывать кабель необходимой длины и соответствующую используемым техническим средствам разъемы.

Интерфейс RS-422 – стандартный симметричный интерфейс, использующий 4-проводную линию связи при дифференциальной передаче данных.

На каждом приемном конце используются две информационные линии (AR и BR), согласующий резистор (от 100 до 1200 Ом) и линия заземления.

Кодирование данных осуществляется по принципу изменения напряжения на информационных линиях, что позволяет увеличить устойчивость к внешним возмущениям и удлинить физические линии передачи данных и скорость передачи данных (90 кбод – 1220 м, 10 Мбит/с – 13 м). С использованием интерфейса RS-422 строятся также шинные структуры с подключением до 10 приемников в линию.

Интерфейс RS-485 – самый совершенный интерфейс симметричной передачи данных по двухпроводной линии связи.

Интерфейс предназначен для высокоскоростной передачи данных: 90 кбод (90 кбит/с) на расстояние 1200 м, 500 кбод – 200 м).

Интерфейс обеспечивает совместную работу до 32 формирователей или приемников данных.

В таблице 18.14.Т1 приведены сравнительные характеристики стандартных физических интерфейсов.

При проектировании следует выбирать кабель, который обеспечивает действие интерфейса при:

- имеющихся характеристиках устройств (приемниках и передатчиках);
- имеющихся параметрах кабеля;
- минимально допустимом уровне сигнала на входе наиболее удаленного приемника;

- максимально допустимом уровне искажений сигнала;
- требуемой протяженности кабеля;
- требуемой скорости передачи данных.

Отметим два варианта выбора кабеля:

1 – если установлена скорость передачи данных, то определяется допустимая длина кабеля и топология расположения устройств;

2 – если установлена по топологии расположения устройств длина кабеля, то определяется допустимая скорость передачи данных.

Очевидно, что выбор кабеля может быть осуществлен при совместных усилиях проектировщиков полевых устройств и системотехников, выбирающих средства вычислительной техники.

Тем более, что сегодня рынок СА и ВТ предлагает широкий спектр устройств, которые позволяют удлинять промышленные сети.

К таким устройствам без преобразования протокола передачи относятся следующие:

- **повторитель (repeater)** на два порта;
- **концентратор (concentrator)** на несколько портов (более двух);
- **концентратор** для витой пары имеет название **хаб (hub)**, а для коаксиального кабеля – репитер;
- **мост (Bridge)**, как правило, двухпортовое устройство для передачи одного протокола;

– **коммутатор (Switch)** – многопортовый мост с пересылкой сообщений по адресу.

Имеются устройства, позволяющие преобразовать один вид интерфейса в другой, принимать сигналы от одной среды передачи и преобразовывать их для другой среды передачи данных. Эти устройства – **преобразователи интерфейсов (Converters)**. Например – это преобразователь «RS-232 – RS-485» или преобразователь «медь – оптоволокно».

Подробнее об устройствах полевой и промышленной сети, которые отмечены выше (повторитель, концентратор, коммутатор, преобразователь и др.), изложено в главе 19 «Выбор средств вычислительной техники и SCADA-систем».

18.15. Измерительный преобразователь температуры

Температура – это физическая величина, которая характеризует тепловое состояние вещества. Тепловое состояние вещества определяет его объемное расширение, давление в замкнутом объеме, электрическое сопротивление, термоэлектродвижущую силу, интенсивность теплового и светового излучения.

Измерение температуры основано на использовании тех или иных, определяемых тепловым состоянием вещества, физических величин и перевода их значения в зависимую функциональную форму, удобную для практического применения.

Контактный датчик, который измеряет температуру и путем дальнейшей обработки создает сигнал, пропорциональный температуре, называется термометром.

Бесконтактный термометр, который использует тепловое излучение нагретого вещества, называется пирометром.

Типы термометров, использующих различные физические величины, представлены на рисунке 18.15Р5. Многие типы термометров распространены в практическом

применении при измерении или определении температуры веществ в различных областях в соответствующем диапазоне температур.

Механический тип термометра подразделяется на термометр расширения и манометрический термометр.

К термометрам расширения относятся:

- жидкостный стеклянный термометр, в том числе с передвижным электроконтактом;
- дилатометрический стержневой с двумя стержнями, имеющими различный коэффициент линейного расширения и воздействующими на указывающую стрелку;
- биметаллический пластинчатый с изгибом пластин при изменении температуры.

Манометрический термометр может использовать рабочее вещество в виде газа, жидкости или конденсата в термобаллоне и капиллярной трубке, воздействующей на трубчатую пружину, а через нее на указывающую стрелку, контактную систему, систему записи.

В качестве рабочего вещества используют ртуть, керосин, толуол, инертный газ.

На базе манометрических термометров выпускаются термореле нескольких модификаций для измерения температуры в системах отопления и вентиляции, в холодильных и фотоустановках, стиральных машинах, устройствах для приготовления пищи, машиностроении, в авто- и железнодорожных цистернах и др.

Манометрический термобаллон часто используется в комплекте в регуляторах прямого действия.

Механический и особый механический тип термометра как местный измерительный показывающий прибор в современных АСУТП применяется редко. В основном в комплектных поставках технологических агрегатов и на технологических участках особой сложности с непосредственным участием эксплуатационного персонала в контроле и налаживании процесса.

В АСУТП используются электрические термометры и пирометры. Ниже приводятся некоторые сведения, которые необходимо учитывать при выборе первичных измерительных преобразователей температуры.

Первичные измерительные преобразователи (ПИП) температуры, которые используют методы измерения температуры, связанные с изменением электрического напряжения или тока:

- термоэлектрические преобразователи (термопары);
- термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления).

Эти ПИП имеют аналогичную конструкцию, что показано на рисунке 18.15.Р1.

ПИП состоит из:

- измерительного сенсора;
- необходимых монтажных и соединительных деталей.

При выборе первичного измерительного преобразователя необходимо учитывать основные требования, предъявляемые к нему (схема 18.15.Сх1). Требования следует в том или ином виде указать в опросном листе или листе заказа на конкретный преобразователь. Ниже приводится пояснение по ряду требований к первичному измерительному преобразователю температуры.

Первичный измерительный преобразователь. Термоэлектрический сенсор

Сенсор термоэлектрического преобразователя состоит из двух проводов, которые изготовлены из различных металлов или сплавов и которые на одном конце в месте измерения температуры соединены (спаяны или сварены) друг с другом, т. е. имеют рабочий спай.

Если температура измерения отличается от температуры на свободном конце сенсора, то между свободными концами возникает напряжение, термическое напряжение. Величина термического напряжения зависит от разницы между температурой места измерения и температурой на свободных концах, а также от вида комбинации материалов сенсора. Для определения температуры места измерения свободные концы должны находиться на клемме термокомпенсации с равномерной и известной температурой.

Наиболее широко применяются сенсоры из различного материала с номинальными статическими характеристиками НСХ, которые имеют обозначения К, L, R, S, В по ГОСТ Р 8.585-2001.

НСХ – номинальная статическая характеристика – метрологическая характеристика, устанавливаемая нормативными документами для данного средства измерения, применяемого при измерении физической величины, принимаемой за неизменную.

НСХ определяет тип термопреобразователя и материал термопроводов сенсора. Тип термопреобразователя, НСХ и материал проводов приведены в таблице 18.15.Т1.

Основные пределы измеряемых температур, пределы температурных отклонений и классы допуска для различных типов термопреобразователей с НСХ К, L, R, S, В приведены в верхней части таблицы 18.15.Т2.

Графически отклонения показали на рисунке 18.15.Р2.

Обычно поставляются сенсоры класса допуска 2. Для более точных измерений могут поставляться сенсоры класса допуска 1 с уменьшенным допуском или сертификатом заводского испытания. Допуски действуют только при поставке прибора. В процессе эксплуатации при высоких температурах допуски сенсоров могут изменяться из-за поглощения примесей, окисления или испарения составных частей сплавов.

Сенсоры от их места соединения через компенсационные линии по возможности имеют удлинение до места с равномерной температурой (клемма термокомпенсации), например, в коробке холодных спаев.

Широко используются схемы компенсации холодного спая (западно-европейское обозначение СJS), входящих в состав модулей ввода аналоговых сигналов ВТ или нормализаторов.

Сенсор термосопротивления

Сенсор термопреобразователя сопротивления представляет из себя измерительный резистор из металла (платина, медь, никель), заключенного, как правило, в керамическую оболочку. Виброустойчивые резисторы из платины скручены и помещены в стекло.

Сенсор – это температурное сопротивление, т. е. сопротивление, которое изменяет сопротивление в зависимости от температуры измеряемой среды по определенной воспроизводимой кривой. Зависимость сопротивления от температуры и допустимые отклонения определяются конструкцией преобразователя, теплопередачей между измеряемой средой и сенсором, материалом сенсора.

Номинальная статическая характеристика НСХ ПИП определяется по ГОСТ 6651-94 и имеет обозначение и допустимое отклонение от НСХ, которые приведены в нижней части таблицы 18.15.Т2 (50П, 100П, 50М, 100М и др.). В этой таблице также указаны пределы измеряемых температур и формулы расчета предела температурных отклонений. Допустимые отклонения показаны на рисунке 18.15.Р3.

Изменение сопротивления от температуры вызывает соответствующее изменение протекающего через сопротивление электрического тока. В зависимости от диапазона измерений и требуемой точности измерения сенсор подсоединяется к внешним измерительным клеммам по двух-, трех-, четырехпроводной схеме.

Необходимо отметить, что выбор преобразователя сопротивления ограничивается тем, что различные вторичные средства автоматизации и устройства ввода аналоговых сигналов от термосопротивлений допускают подключение входных сигналов по двухпроводной, трехпроводной или четырехпроводной схеме. Поэтому знание возможных связей с вторичными приборами обязательно при заполнении опросного листа на термопреобразователь сопротивления.

Следует также учитывать следующее.

Двухпроводная схема подключения применима при незначительной длине линии и при незначительном колебании температуры в месте прокладки линии. Двухпроводная схема подключения допустима при низких требованиях к точности измерения температуры из-за невозможности учета падения напряжения в проводниках канала измерения.

Трехпроводная и четырехпроводная схемы подключений применимы для использования в наружных установках при значительных колебаниях температуры окружающей среды.

Четырехпроводная схема обладает более высокими показателями помехозащищенности и точности результатов измерения.

При четырехпроводной схеме подключения в головку ПИП следует вводить кабель или провод с двумя скрученными (витыми) парами с парным и/или общим экраном. Провода одной пары подключаются к «плюсовым» (например, четным клеммам) ПИП, а провода второй пары — к «минусовым» (например, к нечетным клеммам колодки).

Интеллектуальный преобразователь

Интеллектуализация первичных средств автоматизации привела к созданию таких средств, в которых первичный измерительный преобразователь совмещен конструктивно с измерительным преобразователем в виде электронного модуля, встроенного в головку ПИП.

Такое полевое средство автоматизации называется интеллектуальным измерительным преобразователем или преобразователем с унифицированным выходным сигналом. Это средство автоматизации можно также называть датчиком.

По определению РМГ29-99:

«п. 6.17 измерительный преобразователь;

ИП

de Messwandler

en measuring transducer

fr transducteur de mesure

Техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Примечания:

1. ИП или входит в состав какого-либо измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы и др.), или применяется вместе с каким-либо средством измерения.

2. По характеру преобразования различают *аналоговые, цифроаналоговые, аналого-цифровые преобразователи*. По месту в измерительной цепи различают *первичные и промежуточные преобразователи*. Выделяют также *масштабные и передающие преобразователи*.

Примеры:

1. Термопара в термоэлектрическом термометре.

2. Измерительный трансформатор тока.

3. Электропневматический преобразователь.

п. 6.19 датчик

Конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы (он «дает» информацию).

Примечания:

1. Датчик может быть вынесен на значительное расстояние от средства измерений, принимающего его сигналы.

2. В области измерений ионизирующих излучений применяют термин детектор.

Пример. Датчики запущенного радиозонда передают измерительную информацию о температуре, давлении, влажности и других параметрах атмосферы».

В пособии используется термин «интеллектуальный преобразователь» (сокращенно ИП).

ИП преобразует сигнал от термоэлектрического сенсора, потенциометрического сенсора, сенсора термосопротивления и т. п. в соответствующий НСХ сенсора цифровой сигнал, или аналоговый унифицированный выходной сигнал, или в комбинацию указанных сигналов. Таким образом, на выходе ИП организуется двухпроводный унифицированный сигнал, передача которого возможна по полевой промышленной сети без использования дополнительного нормирующего преобразования.

Интеллектуальный преобразователь не требует дополнительных устройств компенсации холодных спаев (коробка холодных спаев, компенсационный провод от ПИП до коробки холодных спаев, вторичного прибора или модуля ввода аналогового сигнала).

Защитная арматура преобразователя

Сенсор может быть защищен от механического или химического воздействия измеряемой среды с помощью защитной арматуры.

Защитная арматура из металла, керамики, графита или пластика выбирается с учетом рекомендаций по применению и с учетом максимальной температуры среды в месте измерения, что отражено в таблице 18.15.ТЗ.1.

Защитная арматура может быть прямой или изогнутой под углом 90°, может иметь устройство для подачи инертного газа с целью исключения проникновения вредных химических веществ внутрь защитной арматуры.

Защитная арматура с помощью конструктивного элемента (фланца, ввинчивающей цапфы, штуцера различного вида и размера – подвижного и неподвижного, приварного конусообразного наконечника) крепится к технологическому оборудованию.

Длина монтажной части защитной арматуры выбирается для каждого типа термомпреобразователя из ряда стандартных длин по таблице 18.15.Т3.

Длина монтажной части зависит от конструкции технологического оборудования и вида монтажа защитной трубки (рисунок 18.15.Р4).

При выборе длины монтажной части следует иметь в виду, что рабочая зона ПИП должна находиться в точке измеряемой среды, которая наиболее характерна для среды. Например, рабочая зона должна располагаться по возможности по оси трубопровода, вне застойной зоны внутри технологического аппарата, с плотным и надежным прилеганием к поверхности твердых тел аппаратов или их частей и т. п.

Защитные гильзы датчиков температуры от воздействия измеряемых сред с высоким давлением и температуры показаны на рисунке 18.15.Р6.

Измерительные провода преобразователей от рабочего спая или термосопротивления выводятся внутри защитной трубки либо на головку (соединительную головку) с зажимами/клеммами, либо наружу в виде кабельной выводной части.

Выводная кабельная часть ПИП обычно составляет 1000 мм, но может быть увеличена по опросному листу в соответствии с таблицей 18.15.Т4 до 5000 мм и таблицей 18.15Т5 до 3150 мм для ПИП измерения температуры подшипников и поверхности твердых тел.

Головка ПИП – та часть преобразователя, которая соприкасается с окружающей средой и служит для механической защиты электрических выводов (рисунок 18.15.Р1).

Головка характеризуется следующими техническими данными:

- количество чувствительных элементов, подсоединенных к головке;
- материал (таблица 18.15.Т8);
- степень защиты от воздействия воды и пыли в соответствии с ГОСТ 14254-96 (таблица 18.Т8.1);
- климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69 (таблица 18.Т4);
- группа виброустойчивости по ГОСТ 12997-84 (таблица 18.Т6);
- монтажный комплект кабельного ввода (бронированный кабель, защитная труба).

Головка может иметь различное исполнение конструкции крышки:

- с креплением крышки к корпусу винтами;
- навинчивающаяся крышка;
- откидная крышка.

Первичный измерительный преобразователь температуры изготавливается во взрывозащищенном исполнении с маркировкой IExd II ST5X и IExd II ST6X по ГОСТ Р 51330.0-99 с видом защиты «взрывонепроницаемая оболочка d» или Exia II ST5 и Exia II ST6 по тому же ГОСТу с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь ia».

Этот ПИП может применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров, горючих жидкостей с воздухом категорий IIА, IIВ, IIС, групп Т1–Т5 или Т1–Т6 по ГОСТ 12.1.011-78.

В пособии данные по взрывоопасным смесям, зонам и видам взрывозащиты приведены в главе 8, таблица 8.Т1, 8.Т2, 8.Т3, 8.Т9, 8.Т11.

При заказе ПИП во взрывозащищенном исполнении необходимо указать вид монтажного комплекта кабельного ввода:

БК – для бронированного кабеля;

ТБ – для трубного монтажа.

Монтажные и соединительные детали

При выборе ПИП необходимо учесть его расположение по отношению к окружающим конструкциям. Полная длина преобразователя должна позволять устанавливать и извлекать средство автоматизации из технологического оборудования. Конструкция крышки головки должна быть такова, чтобы была обеспечена возможность открытия крышки и проведения эксплуатационных работ внутри головки.

Монтажные и соединительные детали ПИП должны соответствовать закладной конструкции на технологическом оборудовании.

Напомним, что закладная конструкция или закладной элемент – это деталь или сборочная единица, неразъемно встраиваемая в технологическое оборудование (аппараты или трубопроводы) – бобышка, штуцер, карман, гильза и т. п.

Технологический аппарат, как правило, аппарат, работающий под давлением, аппарат с агрессивной и высокоагрессивной, кислородной, криогенной, пожароопасной и взрывоопасной средой, в обязательном порядке должен иметь закладную конструкцию/деталь заводского изготовления по соответствующей технологической документации.

В случае если предусмотренная документацией на технологический аппарат закладная конструкция не соответствует монтажным и соединительным деталям проектно выбираемого ПИП или закладная конструкция вообще отсутствует, то проектировщик АСУТП обязан подготовить и официально направить заказчику для передачи изготовителю технологического аппарата специальное задание на размещение преобразователя на технологическом аппарате.

Проектировщик АСУТП должен направить заказчику подобное задание на размещение ПИП на технологическом трубопроводе для реализации задания в соответствии с ГОСТ 21.401-88 (п. 3.2 и п. 7 приложения 1) в проектной документации марки ТХ или в документации инженерных систем ВК, ВС, ОВ и других.

Пирометр излучения

Пирометр излучения относится к бесконтактному типу термометров.

Пирометр излучения измеряет температуру нагретого или раскаленного вещества в диапазоне от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+4000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пирометры бывают переносными и стационарными.

Переносной пирометр служит для периодического измерения температуры вещества (тела, объекта, поверхности, пленки). Он представляет собой единый комплект весом до 2,5 кг, состоящий из измерительной головки, электронного блока, батареи питания, индикаторного блока и дополнительного блока различного назначения (запись показаний, передача данных на компьютер, архивация данных в виде таблиц, графиков или диаграмм, звуковая сигнализация и др.). Переносной пирометр может иметь оптический беспаралаксный прицел, лазерный прицел или светоуказку. Расстояние визирования до измеряемого вещества изменяется в широком диапазоне от 0,6 м до 50 м. Разрешающая способность – до $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, погрешность измерения – $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Переносной пирометр имеет необычайно широкий спектр применения.

Стационарный пирометр постоянно нацелен на измеряемое вещество и производит измерение либо через заданный интервал времени, либо непрерывно.

Стационарный пирометр может иметь те же функции по архивации и представлению данных, что и переносной пирометр. Также он может быть подключен к промышленной сети для передачи информации в АСУТП.

По методу измерения температуры пирометры различаются на инфракрасные, радиационные и оптические пирометры (рисунок 18.15P5).

Любое вещество излучает волны различной длины. При сравнительно низких температурах до 500 °С в основном излучаются инфракрасные лучи. С увеличением температуры вещество излучает волны всех воспринимаемых глазом частот. Промышленные пирометры по методу измерения температуры по излучению вещества различаются на типы:

- инфракрасный;
- радиационный;
- оптический с исчезающей нитью накала.

Инфракрасный пирометр

Оптическая система наводится с помощью прицела (лазерного, оптического) на место измерения температуры, фокусирует излучаемую веществом инфракрасную энергию на один или несколько фоточувствительных детекторов. Детекторы находятся в датчике пирометра. Детектор конвертирует инфракрасную энергию в электрический или оптический сигнал, который передается по кабелю или оптоволокну на микропроцессор в блок электроники.

Микропроцессор обрабатывает поступивший сигнал и пересчитывает его в значение температуры на основе калибровочных характеристик и коэффициента излучения датчика. Это значение может выводиться на индикаторное устройство блока и/или аналоговым или цифровым (для интеллектуального пирометра) сигналом передаваться в АСУТП.

Инфракрасный пирометр с использованием оптоволоконной головки и оптоволоконного кабеля между чувствительным элементом и электронным блоком называется **термометром (пирометром) оптоволоконным**.

Такой пирометр измеряет температуру в труднодоступных местах в жестких условиях окружающей среды с температурой до 300 °С. Датчик предназначен для работы в этих условиях, а оптоволоконный кабель защищается металлокерамикой, витонобшивкой и изоляцией.

Кабель оптоволоконный необходимо оговорить при заказе в опросном листе (длина кабеля – 1, 3 или 10 м).

Радиационный пирометр

Это прибор, действие которого основано на измерении полной энергии излучения нагретого тела. Пирометр состоит из телескопа, термоприемника и электронного блока.

Лучи от нагретого тела (–18 °С – 3000 °С) с помощью линзы телескопа собираются на термоприемнике, вмонтированном в телескопе. Термоприемник – батарея термопар – нагревается тепловым потоком излучения пропорционально температуре вещества (тела).

Телескоп имеет различные углы сканирования.

Оптический пирометр

Прибор переносной с использованием человеческого глаза для определения совпадения интенсивностей свечения измеряемого вещества и яркости свечения нити специальной лампы (фотоэлектрической лампы). Ток накала лампы градуируется в градусах измеряемой температуры.

Опросный лист пирометра

Опросный лист для заказа пирометра приведен в таблице 18.15.Т8.

При заполнении опросного листа следует обратить внимание на пункты, которые характеризуют место установки датчика:

– состояние объекта (движущийся, неподвижный или изменяющийся в период измерения);

– материал объекта измерения;

– форма и размер объекта измерения;

– характер поверхности объекта (гладкая, шероховатая);

– расстояние от объекта измерения до ПИП;

– состояние отмеченного выше расстояния (газовая атмосфера, пыль, влажность).

Характеристика объекта поможет специалисту предприятия, выпускающего пирометр, правильно выбрать модификацию пирометра и дать необходимые рекомендации по его применению.

В отдельных случаях возможна необходимость изменения места установки датчика, его фокусировки на объект измерения, использование обдува воздухом или охлаждения датчика водой и т. д.

В то же время тщательное заполнение опросного листа проектировщиком АСУТП позволит ему принять обдуманное решение по размещению и типу преобразователя температуры.

Одновременно производится подготовка задания на размещение СА. Это особенно важно в различных печных установках и в установках со стесненными условиями размещения.

18.16. ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

18.16.1. Единицы измерения давления

Давление p – это физическая величина, равная отношению силы dF , действующей на элемент поверхности нормально к ней, к площади dS этого элемента, т. е. $p=dF/dS$.

В международной системе единиц СИ единицей давления является паскаль (Па). Паскаль равен давлению, которое вызывается силой один ньютон (Н), равномерно распределенной по перпендикулярной к ней поверхности площадью один квадратный метр (m^2). Эта единица введена в России с 1 января 1963 года.

До введения СИ в нашей стране действовали, сменяя друг друга и действуя подчас одновременно, другие системы единиц. Мы останавливаемся на этих системах в связи с тем, что технические данные многих приборов давления разных фирм содержат единицы давления различных систем измерения. В формулу давления входит величина силы, поэтому напомним также единицы силы в разных системах.

Система	Сила	Давление
СГС	$1 \text{ г} \cdot \text{см}/\text{с}^2 = 1 \text{ дина}$	$1 \text{ дина}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ Па}$
МТС	$1 \text{ т} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = 1 \text{ стэн} = 1 \cdot 10^3 \text{ Н}$	$1 \text{ стэн}/\text{м}^2 = 1 \text{ пьеза} = 1 \cdot 10^3 \text{ Па}$
МКС	$1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = 1 \text{ Ньютон (Н)}$	$1 \text{ Ньютон}/\text{м}^2$
СИ	$1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = 1 \text{ Ньютон (Н)}$	$1 \text{ Ньютон}/\text{м}^2 = 1 \text{ Паскаль (Па)}$
Британская	1 lbf	$1 \text{ lbf}/\text{in}^2 = 1 \text{ psi (пси)}$

В обозначении единиц использованы:

г – грамм, т – тонна, кг – килограмм, lbf – фунт-сила, см – сантиметр, м – метр, in – дюйм, с (s) – секунда, Н – Ньютон, Па – паскаль.

Кроме отмеченных единиц давления используются некоторые другие единицы измерения. Соотношения ряда единиц давления приведено в таблице 18.16.Т1.

18.16.2. Виды давлений

Давление в жидких и газообразных средах определяется в общем случае суммой давлений: внешнего, гидростатического (весовой составляющей внутреннего давления) и гидродинамического (скоростной напорной составляющей внутреннего давления).

На рисунке 18.16.Р1 показаны виды давлений, измеряемых по отношению к абсолютному вакууму или по отношению к местному атмосферному, барометрическому давлению (ДБ). Абсолютное давление ДА всегда имеет положительное значение.

Давление, относительное по отношению к ДБ, может иметь положительное значение. Это давление называется избыточным ДИ.

При отрицательном значении давления по отношению к ДБ – давление называется вакуумметрическим ДВ или разрежением.

Таким образом, разрежение не может быть абсолютным давлением, а только относительным.

Относительное давление по отношению двух различных ДИ и ДВ (разность давлений) называется дифференциальным давлением ДД. Например $\text{ДД}_{12} = \text{ДИ}_1 - \text{ДИ}_2$.

18.16.3. Классификация манометров

В соответствии с видами измеряемых давлений и их величиной классифицируются измерительные приборы давления.

Основная классификация подразделяет измерительные приборы – первичные измерительные преобразователи ПИП – на датчики измерительные без выходного сигнала, датчики обычного типа, датчики интеллектуальные. Датчик давления измерительный без выходного сигнала обычно имеет наименование «манометр».

Манометры классифицируются как показано на схеме 18.16.Сх1:

- по виду давления;
- по применению;
- по виду отображения;
- по исполнению IP, Ex, УХЛ;
- по параметрам рабочей среды – p , t ;

- по корпусу ПИП;
- по диаметру корпуса (размерам);
- по пределу измерения;
- по принципу действия.

В такой очередности в основном подходит проектировщик АСУТП к выбору манометра.

Вид давления и предел измерения определяется заданием на проектирование. Место расположения и применения манометра также устанавливается заданием на проектирование. Далее проектировщик проводит определение исполнения манометра по материалам разделов 18.3–18.10. Одновременно производится эргономическая оценка установки манометра по месту установки и возможности оперативному персоналу считывать показания с определенного расстояния, определив приемлемый диаметр корпуса.

Далее по каталогу или техническим данным предприятий-производителей осуществляется отбор моделей манометров, которые удовлетворяют проектным требованиям.

Подобным образом подходят к выбору датчиков с дистанционной передачей показаний (датчиков обычного или интеллектуального типа). Разница между этими типами датчиков изложена в разделе 18.14.

Следует различать конструктивное исполнение измерительных преобразователей давления:

- полевой корпус (может быть различен по форме, размерам, весу и т. д. у различных производителей);
- корпус компактной конструкции (малогабаритный датчик давления);
- погружной зонд (малогабаритный датчик погружного типа).

Погружной зонд предназначен для измерения уровня в открытых резервуарах.

Отметим, что измерительные преобразователи могут быть по принципу действия электрическими: емкостными, пьезоэлектрическими и тензорезисторными. Преобразователи давления в электрический сигнал постоянно совершенствуются и дополняются новыми принципами действия. На сегодняшний день основным принципом преобразования является технология «кремний на сапфире».

Развитие промышленных сетей и микроконтроллерной техники, с одной стороны, и интеллектуализация датчиков, с другой, требует постоянного внимательного изучения номенклатуры измерительных преобразователей. Подход к выбору промышленных сетей и их использованию в АСУТП изложены в главе 19.

18.16.4. Особенности опросного листа для заказа датчика давления

Одновременно с выбором датчика давления с учетом рекомендаций главы 15 по установке измерителей давления, расхода и уровня необходимо определить дополнительное оборудование:

- разделительные сосуды;
- разделительные конденсационные сосуды;
- уравнильные сосуды;
- газосборники;
- влагосборники;
- грязесборники;

- вентили запорные и продувочные;
- вентильные блоки.

Некоторые предприятия освоили и выпускают другое дополнительное оборудование:

- демпферы гидравлического удара;
- радиаторы для измерения высокотемпературных сред;
- разделители мембранные.

Каждый манометр по спецификации средств автоматизации должен быть заказан путем заполнения опросного листа (анкеты). В опросном листе (таблица 18.16.Т2) для заказа датчика давления следует указать способ монтажа датчика, выносного мембранного разделителя (при его наличии), наличие ответных фланцев на соединительных линиях, тип кабельных вводов, код или вид монтажных частей, установку блока фильтра помех, блока высокого потенциала.

Опросный лист (таблица 18.16.Т3) для заказа гидростатического уровнемера следует дополнить схемой установки датчика давления и вспомогательных устройств с указанием необходимых размеров между отборными устройствами давления, нижним и верхним пределом изменения уровня.

Опросный лист для заказа дифманометра-расходомера приведен в таблице 18.17.Т11.

18.17. РАСХОДОМЕР

18.17.1. Классификация расходомеров

АСУТП немислимо без использования расходомеров и счетчиков вещества.

Оперативный контроль, коммерческий учет энергоресурсов и технологических сред, контроль режима ведения технологического процесса и управления процессом требует определения расходов различных веществ с различной степенью точности.

Расход и средства автоматизации для измерения расхода или количества прошедшего вещества в единицу времени имеют следующую терминологию.

Расход – количество (масса или объем) вещества, протекающего через данное сечение трубопровода (канала) в единицу времени.

Количество прошедшего вещества измеряется или в единицах массы (килограмм, тонна, грамм) или в единицах объема (кубический метр, кубический сантиметр и т. д.).

Объемный расход q_0 измеряется в единицах объема, деленных на единицу времени (кубических метрах в секунду – м³/с, кубических метрах в час – м³/ч и т. д.).

Массовый расход q_m измеряется в единицах массы, деленных на единицу времени (килограмм в секунду – кг/с, килограмм в час – кг/ч и т. д.).

Расходомер – прибор или устройство из нескольких частей, измеряющее расход вещества (жидкости, газа или пара).

Счетчик количества, или просто **счетчик** – прибор или устройство из нескольких частей, измеряющее массу или объем вещества (жидкости, газа или пара).

Расходомер со счетчиком – прибор или устройство, измеряющее расход и количество жидкости, газа или пара.

Преобразователь расхода – устройство, непосредственно воспринимающее расход (например, диафрагма, сопло, напорная трубка) и преобразующее его в другую величину (например, в перепад давления), удобную для измерения.

Расходомеры и счетчики вещества, которые используются в АСУТП, должны удовлетворять ряду требований.

Перечислим некоторые основные требования по учету внешних воздействий на расходомеры и счетчики в последовательности требований, изложенных в 18.3–18.10 для жидкости, газа и пара.

1. Работоспособность в конкретных условиях климатического влияния на объекте управления (температура, влажность) (раздел 18.3.1).

2. Работоспособность при атмосферном давлении на ТОО (раздел 18.3.2).

3. Работоспособность в конкретных условиях окружающей атмосферы объекта управления (агрессивная среда, среда взрывоопасная или пожароопасная, среда с коррозионно-активными агентами и др.) (разделы 18.3.3, 18.3.4 и 18.3.5, 18.3.8, 18.3.9, 18.7, 18.8).

4. Работоспособность при действии сейсмических факторов и влияния молнии (разделы 18.3.6 и 18.3.7).

5. Защищенность СА от внешних воздействий твердых предметов, пыли и воды (раздел 18.4).

6. Пригодность для установки на технологическом оборудовании и трубопроводе или оборудовании (18.10).

Перечислим также требования специфичные для первичных измерительных преобразователей расхода.

7. Широкая номенклатура измеряемых веществ – простые вещества, химические соединения и смеси в различных агрегатных состояниях и комбинациях (однофазные, многофазные, однокомпонентные, многокомпонентные, агрессивные, абразивные, токсичные, взрывоопасные, вязкие, выпадающие в осадок, эмальгирующие, сжимаемые, электропроводные, неэлектропроводные и др.).

8. Большой диапазон рабочих условий измерения температуры и давления рабочей среды в месте измерения ее расхода.

9. Широкий диапазон расходов рабочей среды, которые подлежат измерению.

10. Значительная разница между максимальным и минимальным значениями расхода измеряемой среды (q_{\max}/q_{\min}).

11. Зависимость точности измерения расхода вещества от изменения его плотности и вязкости.

12. Постоянно растущая необходимость повышения точности и снижения неопределенности результатов измерения расходов для коммерческого и других видов учета.

13. Высокие динамические характеристики (быстродействие) при измерении быстроменяющихся расходов.

14. Необходимость в систематической проверке измерительных характеристик расходомера.

Приведенные требования указывают на их сложность и разнообразность.

Их удовлетворение невозможно малым числом различного вида расходомеров. Поэтому в течение многих десятилетий, и особенно в последние годы, появились новые разработки СА на известных и вновь открытых принципах действия измерителей расхода.

На схеме 18.Сх17А приведена классификация расходомеров, основанных на использовании различных физических и химических принципов.

Классификация расходомеров не противоречит классификации по ГОСТ 15528–86, наглядно показывает большое число разновидностей расходомеров, которые известны в настоящее время.

В то же время в промышленном изготовлении и зарегистрированными в Госреестре СА для применения в АСУТП имеется лишь малая часть из указанных видов. В отдельных отраслях производства используются апробированные практические расходомеры (например, щелевые), которые заказчик может применять для систем регулирования или оперативного учета.

Однако, несмотря на значительные успехи в развитии расходомерии, остается актуальной проблема создания современных методов и средств измерения расходов веществ со специфичными свойствами в различных сложных эксплуатационных условиях.

Также продолжает оставаться актуальным удовлетворение требования 12 повышения точности и снижения неопределенности результатов измерения расходов веществ.

Классификация расходомеров жидкости, газа и пара проведена по 5 (пяти) группам:

– А – расходомеры на основе принципов гидродинамики (схемы 18.Сх17А1–18.Сх17А4);

– Б – расходомеры с непрерывно движущимся телом (схемы 18.Сх17Б6, 18.Сх17Б7);

– В – расходомеры с использованием различных физических явлений (схемы 18.Сх17В8–18.Сх17В13);

– Г – расходомеры с использованием особых методов (схемы 18.Сх17Г14–18.Сх17Г17);

– Д – расходомеры для отдельных специфичных потоков (схемы 18.Сх17Д18–18.Сх17Д21).

Отдельно выделены парциальные расходомеры (18.17Е22).

Для сыпучих веществ применяются расходомеры и дозаторы, описание которых приведено в разделе 18.17Е23.

Одним из самых изученных и распространенных расходомеров является расходомер гидродинамический с переменным перепадом давления. В его основе лежат краеугольные законы гидродинамики. Законы гидродинамики оказывают влияние на течение потока вещества в трубопроводе. Поток вещества, протекающий в сечении трубопровода, в котором производится измерение расхода вещества, в той или иной степени отражается на действии расходомера и точности его измерения.

Поэтому многие требования к формированию потока вещества, изложенные в разделе 18.17.А1 «Расходомер переменного перепада давления», применимы к расходомерам различных групп классификации.

В этом разделе приведено:

– определение критерия/числа Рейнольдса, его зависимость от расхода, вязкости вещества, диаметра трубопровода;

– описание местных сопротивлений и их влияние на формирование потока вещества;

– влияние шероховатости трубопровода и уступов на поток вещества;

– обоснование конструирования дренажных и продувочных отверстий;

- объяснение необходимости теплоизоляции участков измерительного трубопровода;
- пояснение по установке подвижных и неподвижных опор или крепления трубопровода;
- требования к наличию площадки обслуживания расходомера и грузоподъемных механизмов;
- требование к заполнению опросного листа на поставку (приобретение) расходомера.

Ниже приведены краткие пояснения и основные данные по различного типа промышленным расходомерам.

18.17А. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСХОДОМЕР

К гидродинамическим расходомерам относятся расходомеры:

- А1 – с переменным перепадом давления;
- А2 – с переменным уровнем вещества;
- А3 – обтекания;
- А4 – вихревые.

В последующих разделах главы дано описание некоторых видов гидродинамических расходомеров.

18.17А1. РАСХОДОМЕР ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Расходомер переменного перепада давления – это измерительный комплекс, основанный на зависимости расхода вещества от перепада давления, создаваемого преобразователем расхода, установленным в трубопроводе, или элементом трубопровода (коленом и др.).

Измерительный комплекс состоит в общем случае из следующих частей:

1. Первичный преобразователь расхода.
2. Первичная трубная связь – соединительные трубки и вспомогательные устройства на них.
3. Первичный измерительный прибор (дифманометр).
4. Преобразователь измерительного элемента в электрический, пневматический, гидравлический или оптический сигнал.
5. Вторичная линия связи для дистанционной передачи измерительного сигнала.
6. Вторичный измерительный прибор или вход модуля приема аналогового сигнала контроллера.

В данном разделе рассмотрена одна из частей измерительного комплекса – первичный преобразователь расхода.

Из схемы 18.Сх17А1 видна широкая и разветвленная гамма расходомеров.

Промышленное изготовление расходомеров основывается на некоторых первичных преобразователях расхода: со стандартным сужающим устройством, с гидравлическим сопротивлением; с центробежным преобразователем расхода, с напорным устройством; с напорным усилителем (мультипликатором), с ударно-струйным устройством.

18.17А1.1. Расходомер переменного перепада давления со стандартным сужающим устройством

К стандартным сужающим устройствам относится (ГОСТ 8.563.1-97 и ГОСТ 8.586.1-2005) по приведенной на схеме 18.Сх17А1 классификации стандартная диафрагма и стандартное сопло (сопло ИСА), расходомерная труба Вентури и сопло Вентури. Введенный с 1 января 2007 года ГОСТ 8.586.1-2005 дополнительно включает в стандартные СУ – эллипсное сопло.

Основные качественные характеристики СУ приведены в приложении Б ГОСТ 8.586.1-2005 и в таблице 18.17Т1.

18.17А1.2. Сужающее устройство СУ

Сужающее устройство СУ – совокупность элементов средств измерения, которые обеспечивают определение перепада давления для измерения расхода среды в трубопроводе, который полностью заполнен измеряемой средой с дозвуковым движением однофазного потока с установившейся или медленно изменяющейся во времени скоростью.

Сужающее устройство по п. 3.2.1 ГОСТ 8.586.1-2005 – техническое устройство, устанавливаемое в измерительном трубопроводе, со сквозным отверстием для создания перепада давления среды путем уменьшения площади сечения трубопровода (сужения потока).

СУ, устанавливаемое в трубопроводе, относится к первичным измерительным преобразователям ПИП.

Расходомеры с сужающими устройствами основаны на измерении переменного перепада давления, возникающего на элементах СУ, как результат преобразования части потенциальной энергии потока в кинетическую.

В соответствии с п.п. 3.2.5–3.2.10 и приложением Б ГОСТ 8.586.1-2005 регламентированы стандартные типы сужающих устройств СУ:

- диафрагма;
- сопло;
- сопло ИСА 1932;
- эллипсное сопло;
- сопло Вентури;
- труба Вентури.

Достаточно подробное изложение теоретических основ СУ, устройства СУ, их применения и требований к изготовлению и установке приведено в монографии П. П. Кремлевского «Расходомеры и счетчики количества веществ», справочник, книга 1 и дополнено в книге Е. А. Шорникова «Расходомеры и счетчики газа, узлы учета».

В настоящем пособии приведены требования к СУ, которые должен учитывать проектировщик АСУТП при выборе, заказе, проектной привязке сужающего устройства к конкретному технологическому объекту управления.

Приведем некоторые определения элементов СУ по ГОСТ.

Диафрагма – сужающее устройство в виде тонкого диска с круглым отверстием. Стандартные диафрагмы определяют как «тонкие диски» с «острой прямоугольной кромкой», потому что толщина диска незначительна по сравнению с диаметром участка трубопровода в месте измерения, а входная кромка отверстия диафрагмы – острая и прямоугольная.

Сопло – сужающее устройство с отверстием, имеющим на входе сужающуюся часть, переходящую в цилиндрический участок, называемый обычно «горловиной».

Сопло ИАС 1932 – сопло, у которого плавно сужающаяся часть на входе образована дугами двух радиусов, сопрягающимися по касательной.

Эллипсное сопло – сопло, у которого плавно сужающаяся часть на входе имеет в радиальном сечении профиль в виде четвертой части эллипса.

Труба Вентури – сужающее устройство, имеющее входной сужающийся участок «конфузор», переходящий в цилиндрическую часть, называемую «горловиной», соединенную с расширяющейся конической частью, называемой «диффузором».

Сопло Вентури – труба Вентури с сужающимся участком в виде стандартного сопла ИСА 1932.

Отверстие или горловина – отверстие в сужающем устройстве, имеющее минимальное поперечное сечение.

Отверстия стандартных сужающих устройств имеют круглое поперечное сечение и соосны с трубопроводом.

Относительный диаметр сужающего устройства ($\beta = \frac{d}{D}$) – отношение диаметра отверстия (или горловины) d в метрах сужающего устройства к внутреннему диаметру трубопровода (в котором проводят измерение) перед сужающим устройством D в метрах.

Если сужающее устройство имеет на входе цилиндрический участок диаметром, равным диаметру трубопровода, в котором проводят измерение (как в случае классической трубы Вентури), то относительный диаметр определяется отношением диаметра горловины к диаметру указанного цилиндрического участка в сечении, проходящем через оси отверстий для отбора давления на входе сужающего устройства.

Перепад давления – разность между статическими давлениями, измеренными через отверстия для отбора давления, одно из которых – на входе, а другое – на выходе сужающего устройства (или в горловине трубы Вентури), установленного в прямолинейном трубопроводе, по которому протекает измеряемая среда, с учетом разности высоты расположения обоих отверстий (Δp в Па).

Термин «перепад давления» применяется только в тех случаях, когда отверстия для отбора давления для каждого типа сужающего устройства расположены согласно данному ГОСТу.

Расход жидкости или газа через сужающее устройство: масса или объем жидкости или газа, проходящие через отверстие или горловину сужающего свойства в единицу времени.

Необходимо всегда указывать какой расход измеряют: массовый расход, выраженный массой в единицу времени (q_m в кг/с) или объемный расход, выраженный объемом в единицу времени (q_v в м³/с).

Массовый расход вещества в трубопроводе выражается формулой

$$q_m = \alpha \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho}, \text{ а объемный расход } q_v = \alpha \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}},$$

где ε – коэффициент расширения газа или пара, учитывает увеличение их удельного объема или уменьшение плотности ρ в рабочих условиях СУ; $\varepsilon = 1$ при измерении несжимаемой среды.

Экспериментальные значения ϵ для диафрагм приведены в таблице А.14 ГОСТ 8.563.1-97 и приближенно выражены (аппроксимированы) формулой $\epsilon = 1 - (0,41 + 0,35\beta^2) \Delta p / (p \cdot \kappa)$, где κ – коэффициент или показатель адиабаты газа или пара, он обусловлен природой газа, его температурой и давлением.

Коэффициент расширения ϵ для сопел представлен таблицей 34 ИСО5167.

Показатель адиабаты чрезвычайно мало влияет на коэффициент расширения ϵ и, как правило, не учитывается при его определении.

Коэффициент α называется коэффициентом расхода (α – безразмерная величина).

Коэффициент α зависит только от числа Рейнольдса для данного СУ в конкретной его установке.

Численное значение α одинаково для различных СУ ($\beta = \frac{d}{D}$), если они геометрически подобны, а потоки характеризуются одинаковыми числами Рейнольдса Re .

Коэффициент расхода α связан с коэффициентом истечения C и коэффициентом скорости входа E в отверстие СУ формулой $\alpha = CE$.

Коэффициент истечения C – отношение действительного значения расхода к его теоретическому значению.

Коэффициент C учитывает:

- потерю энергии потока в СУ;
- неравномерность скоростей по сечению потока;
- месторасположение мест отбора давления для измерения перепада давления на СУ.

В свою очередь, неравномерность скоростей зависит от расположения местных сопротивлений, шероховатости стенок трубопровода, числа Рейнольдса, остроты входной кромки диафрагмы.

Коэффициент C сильно зависит от числа Рейнольдса Re в области малых и средних Re ; в области больших Re коэффициент C почти не изменяется (см. рисунок 18.P1).

Коэффициент C всегда меньше 1 ($C < 1$).

Коэффициент скорости входа E учитывает:

- долю участия начальной кинетической энергии потока на входе в СУ ($\rho v_1^2 / 2$) в образовании кинетической энергии в выходном отверстии СУ ($\rho v_0^2 / 2$).

$E = 1 / \sqrt{1 - \mu^2 \beta^4}$, где μ – коэффициент сужения потока и учитывает:

- дополнительное сужение или уменьшение сечения потока из-за действия сил инерции после выхода его из отверстия.

В стандартном сопле $\mu = 1$ ввиду отсутствия дополнительного сужения потока.

При определении μ с погрешностью 0,5 % формула E для диафрагмы приобретает вид $E = 1 / \sqrt{1 - \beta^4}$.

Коэффициент E всегда больше 1 ($E > 1$) и резко возрастает с ростом $d/D = \beta$.

Коэффициенты скорости входа $E = 1 / \sqrt{1 - \beta^4}$ приведены в таблице 18.17.Т2.

На основе экспериментальных данных в ГОСТ 8.563.2-97 приведены таблицы C в зависимости от Re и β .

Коэффициент расхода α можно определить по формуле $\alpha = C \cdot E$, получив C из таблиц ГОСТ 8.563.1-97 (в пособии не приводятся ввиду большого объема и количества таблиц), а E – из таблицы пособия 18.17.Т2.

Коэффициент истечения C и расхода α для сужающих устройств в гладкой прямой трубе зависят от двух факторов:

- геометрической формы сужающего устройства;
- гидродинамической формы потока в трубопроводе.

Геометрическая форма определяется относительным диаметром d/D (β) или относительной площадью $d^2/D^2(m)$ сужающего устройства и степенью изменения (изнашиваемости) форм устройства.

Гидродинамическая форма потока определяется числом Рейнольдса вещества в трубопроводе диаметром $D - Re_D$.

Число (или критерий) Рейнольдса Re – безразмерное число, которое характеризует переход в трубопроводе ламинарного потока в турбулентный или обратно при его критическом значении.

Число Рейнольдса определяет отношение силы инерции к силе вязкости потока в измерительном трубопроводе.

$$Re = 36,1 \frac{G}{D \cdot \mu \cdot 10^8} \quad \text{или} \quad Re = \frac{\vartheta \cdot D}{\nu},$$

где G – весовой расход, кг/ч; D – диаметр трубопровода, м; μ – динамическая вязкость, Па·с; ϑ – средняя скорость потока, м/с; ν – кинематическая вязкость, м²/с; $\mu = \frac{\nu}{\rho}$ и $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, где ρ – плотность вещества, кг/м³.

Кинематическая вязкость (а значит, и критерий Рейнольдса) зависит от температуры.

Например, кинематическая вязкость для воды в зависимости от t° :

$$15^\circ\text{C} - 0,0114 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$20^\circ\text{C} - 0,0101 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$70^\circ\text{C} - 0,00424 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$90^\circ\text{C} - 0,0032 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Кинематическая вязкость (м²/с) при 15 °С для различных жидкостей:

$$\text{вода} - 0,0114 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{бензин} - 0,006 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{керосин} - 0,020 \div 0,025 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{нефть сырая} - 0,020 \div 1,40 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{машинное масло} - 0,40 \div 1,40 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{мазут} - 22 \div 25 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{глицерин} - 22,5 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{патока} - 420 \cdot 10^{-4}.$$

Приведем формулы Re для некоторых веществ (при 15 °С):

$$\text{воздух} - 25 \cdot \frac{\vartheta}{D}; \quad \text{вода} - 320 \cdot \frac{\vartheta}{D}; \quad \text{пар перегретый (при } 300^\circ\text{C)} - 18 \cdot \frac{\vartheta}{D};$$

$$\text{бензин} - 0,59 \cdot \frac{\vartheta}{D}; \quad \text{керосин} - 0,118 \cdot \frac{\vartheta}{D}, \quad \text{нефть (при } 45^\circ\text{C)} - 0,008 \cdot \frac{\vartheta}{D}.$$

Приведем примеры определения числа Рейнольдса.

1. Поток дизельного топлива в трубопроводе диаметром 159×4,5 при температуре -5°C имеет часовой расход 75 м³/ч при кинематической вязкости (при минус 5°C) равной $\nu = 0,1 \text{ см}^2/\text{с}$.

Определим скорость потока:

$$g = \frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 75}{3600 \cdot \pi \cdot 0,15^2} = 1,18 \text{ м/с};$$

Далее вычислим число Рейнольдса:

$$Re_{150} = \frac{g \cdot D}{\nu \cdot 10^{-4}} = \frac{1,18 \cdot 0,15}{0,1 \cdot 10^{-4}} = 17700.$$

2. Для трубопроводов диаметром (внутренним) 100 мм и 200 мм при прочих вышеприведенных условиях критерий Рейнольдса составляют:

$$Re_{100} = 26500 \text{ и } Re_{200} = 13200.$$

Знание числа Рейнольдса позволяет по имеющимся в ГОСТ 8.563.1-97 таблицам путем интерполяции определять коэффициенты истечения C , задаваясь величиной относительного диаметра $\beta = d/D$.

Число Рейнольдса, как правило, **определяется проектировщиками технологической части проекта для каждого участка трубопровода** с целью определения потерь давления в трубопроводной системе объекта.

Проектировщик АСУТП может провести поверочный расчет Re при выборе СУ.

Знание Re и D позволяет по пунктам ГОСТ 8.563.1-97, которые отображены в таблице 18.17.Т3, установить виды СУ и виды отбора давления при различных относительных диаметрах СУ с целью их применения в проекте АСУТП. Отметим некоторые области преимущественного применения отдельных видов СУ (в дополнение к таблице 18.17.Т1 и приложению Б ГОСТ).

Стандартная диафрагма является основным видом СУ при больших и средних диаметрах измерительного трубопровода. Стандартная диафрагма применима для измерения расхода влажного насыщенного пара и сред с числами Рейнольдса, большими 10^7 . Нежелательно применение стандартной диафрагмы для малых диаметров, когда $d < 125$ мм. В этом случае целесообразно использование износостойчивой диафрагмы с отборами давления из камер усреднения и при $\beta < 0,6$.

Стандартная диафрагма для больших диаметров является единственным СУ с малыми погрешностями измерений.

Стандартное (нормальное) сопло или сопло ИСА 1932 в своем диапазоне диаметров трубопровода (50–350 мм) более точны, нежели диафрагмы, так как отсутствует притупление входной кромки и меньшее влияние шероховатости трубопровода. На паропроводе высокого давления при сваривании в $D \leq 500$ мм применяется сопло ИСА 1932.

Сопло Вентури практически не применяется: его технические данные уступают данным для сопло ИСА 1932, а ввиду малых потерь давления трубы Вентури предпочтительны, так как имеют большую точность, меньшую длину измерительного трубопровода и меньшую сложность изготовления.

Труба Вентури применима в основном для измерения расхода жидкости с Re от $2 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^6$, учитывая малую потерю давления на СУ и малую длину прямого участка трубопровода.

В приложении Б ГОСТ 8.586.1-2005 приведены рекомендации по выбору типа сужающего устройства с точки зрения метрологических данных устройств. На основании указанного приложения составлена таблица качественных характеристик СУ – 18.17.Т1.

Следует также учесть, что приборостроительные фирмы России рассчитывают и выпускают СУ в виде диафрагм для осуществления измерения технического, оперативного и коммерческого расхода жидкостей, пара и газа на давление до 2,5 МПа (25 кгс/см²) и для трубопроводов диаметром от 50 до 1200 мм.

Для оформления заказа на изготовление диафрагмы и фланцевого соединения проектировщик АСУТП должен:

- заполнить опросный лист (номенклатуру исходных данных для расчета диафрагмы);

- выполнить схему прямых участков трубопровода для конкретной диафрагмы на длине 100D_у перед сужающим устройством и 10D_у за ним (по длине трубопровода) с указанием всех внутренних диаметров отдельных участков трубопровода, все местные сопротивления на длине 100D_у, устройства для спуска конденсата из трубопровода;

- указать тип вторичного прибора для конкретной диафрагмы с указанием класса точности вторичного прибора;

- указать вид фланцевого соединения (в случае спецтребования на поставку диафрагмы).

Далее необходимо проверить обеспечение условий течения потока непосредственно перед СУ.

Основные условия следующие:

- прямолинейные участки между СУ и местными сопротивлениями;

- струевыпрямитель при необходимости;

- допустимые размеры и расположение сварных швов и уступов между секциями измерительного трубопровода;

- шероховатость стенок измерительного трубопровода;

- соосность всех элементов СУ и секций измерительного прибора;

- цилиндричность измерительного трубопровода;

- расположение, размеры и округлость отверстий для отбора давлений для диафрагмы с фланцевым и трехрадиусным отбором давления;

- расположение камер, число и размеры отверстий для отбора давления кольцевых камер;

- дренажные и продувочные отверстия, их размер и расположение;

- уплотнительные прокладки для обеспечения сводного теплового расширения СУ;

- термоизоляция прямых участков измерительного трубопровода;

- подвижные и неподвижные опоры или крепление трубопровода.

18.17A1.3. Местное сопротивление и прямые измерительные участки

Наиболее ответственно следует подойти к обеспечению прямых участков между СУ и местными сопротивлениями.

На рисунке 18.17.P2 на основании таблицы 2 ГОСТ 8.563.1-97 приведены графики, которые показывают зависимость прямых участков, кратных диаметру участка D между СУ и первыми местными сопротивлениями до и после СУ по потоку, от относительного диаметра отверстия $\beta = \frac{d}{D}$.

На рисунке показаны графики для всех СУ, кроме труб Вентури. Для труб Вентури следует обратиться к таблице 3 того же ГОСТа.

Как видно по рисунку 18.17.Р2, необходимые длины прямых участков увеличиваются с увеличением β . При этом увеличение длин в диапазоне от $\beta=0,2$ до $\beta=0,5$ ($\beta=0,6$) происходит медленно, при $\beta>0,5$ ($0,6$) длины прямых участков резко возрастают.

Прямые участки для разного вида местных сопротивлений различны.

Любые длины прямых участков можно сокращать до двух раз. Однако в этом случае появляется дополнительная погрешность до $+0,5\%$.

Местное сопротивление (местное гидравлическое сопротивление) – механический элемент технологического трубопровода, который меняет кинематическую структуру потока и:

- создает гидравлическое сопротивление потоку вещества (продукта: жидкости, газа, пара);
- вызывает потерю потенциальной энергии и давления (напора) потока;
- искажает распределение скоростей потока по его сечению;
- не изменяет фазовое состояние потока.

Каждое местное сопротивление $МС$ характеризуется коэффициентом местного гидравлического сопротивления ξ_m .

Коэффициент местного сопротивления не зависит от рода среды, протекающей через трубопровод, а определяется геометрическими размерами элемента, который создает сопротивление, а в некоторых случаях также режимом течения (числом Рейнольдса). Таким образом, коэффициент местного сопротивления пригоден для использования при любых видах вещества – жидкости, газа, пара.

Различают несколько типов $МС$ (рисунок 18.17.Р3):

- запорная арматура;
- конфузор (конусное сужение трубопровода);
- диффузор (конусное расширение трубопровода);
- колено (группа колен);
- тройник;
- коллектор;
- компенсатор;
- большая емкость;
- струевыпрямитель (устройство подготовки потока).

Виды запорной арматуры приведены в разделе 15.3 пособия.

Конфузор и диффузор характеризуются конусностью, т. е. отношением разности диаметров D_1 и D_2 двух прямых участков трубопровода, которые соединяют конус, к длине этого конуса (при этом $D_2 > D_1$).

Конусность определяется формулой $K_T = D_1(D_2/D_1 - 1)/l$, где l – длина конуса.

При этом различные условия отношения двух диаметров D_2/D_1 от 1,006 до 3,0 и различных длинах конуса позволяют отнести сужающее устройство:

- к прямому участку (малое D_2/D_1 и большая l , которые определяют малую K_T);
- к конфузору или диффузору в зависимости от направления конусности;
- к уступу в трубопроводе (малое D_2/D_1 и малая длина $МС - l$);
- к **резкому сужению или расширению** (средняя и большая разница в диаметрах труб при малой длине $МС$, т. е. при большом K_T).

На рисунке 18.17.Р4 приведены области применения конфузора или диффузора и допустимости уступа в зависимости от диаметров трубопроводов и длины $МС$ (конуса).

Уступ (п. 3.4.5 ГОСТ 8.586.1-2005) – смещение внутренних поверхностей двух секций измерительного трубопровода в месте их стыка, обусловленное смещением осей этих секций и/или различием значений их внутреннего диаметра. **Уступ на расстоянии 2D до СУ недопустим.** За пределами этого участка допустимая величина уступа зависит от расстояния до СУ, от величины β .

Для диафрагмы величина и местоположение уступа регламентируется п. 6.4.3 ГОСТ 8.586.1-2005 в пределах от 0,003D до 0,06D.

ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагмы, ГОСТ 8.586.3-2005 для сопел, ГОСТ 8.586.4-2005 для трубы Вентури приводят многочисленные требования к величинам уступов, расположенных на различных участках измерительного трубопровода, имеющих разные диаметры смежных секций и различные величины $\beta = \frac{d}{D}$.

Длину прямого участка трубопровода до СУ в зависимости от области применения МС определяют по таблицам ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм.

В случае принадлежности МС к области «уступ» высоту уступа определяют по формуле

$$h = (D_2 - D_1)/2.$$

Колено – изгиб трубопровода равного сечения в одной плоскости под углом от 90 °С до 175 °С.

Колено при угле 175° – 180° не принимается во внимание при определении длины прямого участка измерительного трубопровода (В.2.1.1 ГОСТ 8.563.1-97). Группа колен – два и более колен, следующих один за другим на расстоянии менее 30D, считается как одно местное сопротивление неопределенного типа. Группа колен может располагаться в одной плоскости или в разных плоскостях, которые пересекаются под углом менее 175°.

Граница колена – сечение, в котором изгиб трубопровода, радиусом не менее радиуса прямого участка трубопровода, переходит в прямой участок.

Виды колен представлены на рисунке 18.17.РЗ. Группа из двух колен (18.17.РЗБ) в технической литературе иногда имеет наименование – калач.

Тройник – элемент трубопровода, который предназначен для соединения прямых трубопроводов, оси которых лежат в одной плоскости.

Если трубопровод, отходящий от основного трубопровода, имеет диаметр менее 0,13 диаметра основного трубопровода и заглушен (заглушка, кран, вентиль), то данный тройник не является местным сопротивлением (например, это могут быть дренажные и продувочные отверстия).

Длины прямых участков для тройников определяются по направлениям потоков при смешении или разветвлении; длины различны при различном включении тройника.

Тройники, смешивающие или разветвляющие потоки и находящиеся на расстоянии менее 5D между собой, объединяются в одно местное сопротивление.

Длина прямого участка определяется, начиная от точки пересечения осей трубопроводов. Виды тройников показаны на рисунке 18.17.РЗ – з, и, к, л, м, н.

Коллектор – трубопровод с двумя и более отводами, служащий для распределения потока по нескольким направлениям или сбора нескольких потоков в один общий поток.

В общем случае, по определению, отводы могут быть расположены в одной или различных плоскостях и иметь одинаковые или разные диаметры.

В ГОСТ 8.563.1-97 и ГОСТ 8.586.2-2005 рассмотрен частный случай измерительного пункта с использованием коллекторной системы, в которой измерительные трубопроводы (отводы от коллектора) имеют одинаковую конструкцию.

При этом неясны пункты ГОСТов по расположению элементов коллекторов и измерительных трубопроводов в разных плоскостях.

В таблице 18.17.Т4 собраны виды коллекторов, которые предъявляют различные требования к длинам прямых участков при установке СУ.

В таблице указаны СУ расходомеров. По известным нормативам каждое СУ (расходомер) ограничен с двух сторон (на стороне приема, входа и на стороне выхода продукта) запорными (плотнозапорными) органами.

В нашем случае это задвижки или равнопроходные шаровые краны, а не клапаны и тем более не заслонки или затворы.

В распределяющем коллекторе, схемы включения СУ в измерительных линиях которого приведены в 1, 2 и 3 строках таблицы 18.17.Т4, первым МС на входе СУ является задвижка. Вторым МС является:

- симметрическое резкое сужение – при значительном различии в диаметрах коллектора и измерительного трубопровода;
- группа колен в одной плоскости;
- группа колен в разных плоскостях.

СУ перед распределяющим коллектором (те же строки таблицы) – СУго или СУво – имеют на выходе группу колен в одной или в различных плоскостях, которые интерпретируются по таблице 2 ГОСТ 8.563.1-97 как любое местное сопротивление с соответствующими наименьшими длинами прямого участка при различных β данного СУ.

В собирающем коллекторе, схемы включения СУ в измерительных трубопроводах которого приведены в строке 4, 5 и 6 таблицы 18.17.Т4, первым сопротивлением после СУ является задвижка (т. е. один из видов любого местного сопротивления).

Для СУ, установленном после собирающего коллектора (СУго или СУво), первым местным сопротивлением на входе является группа колен (в одной или разных плоскостях), а вторым местным сопротивлением – задвижка. В этом случае прямой участок между коллектором и задвижкой выбирается по рисунку 18.17.Р2 в зависимости от значения β в общем трубопроводе после коллектора.

Компенсатор – элемент трубопровода, который служит для компенсации линейного удлинения трубопровода из-за температуры или для компенсации механического перемещения трубопровода при монтажных и ремонтных работах (например, извлечение диафрагмы для ее проверки).

Компенсатор бывает различного вида:

- в виде колена;
- в виде буквы П (П-образный);
- в виде изгиба трубы;
- линзовый.

Соответственно компенсатор при определении прямых участков относится к различным видам МС:

- одиночное колено;
- группа колен, объединенная в одно колено;
- запорный клапан (линзовый компенсатор).

Большая емкость, установленная непосредственно перед СУ, рассматривается как резкое сужение.

По пункту А.6 ГОСТ 8.586.2-2005 большая емкость – это емкость, перед выходным отверстием которой на длине не менее $15D$ по направлению к оси отверстия и на длине не менее $5D$ в направлении, перпендикулярном к этой оси, нет препятствий, нарушающих движение потока.

Автору неизвестна производственная большая емкость, которая бы имела трубопровод ввода/вывода потока без установки запорного органа на трубопроводе около емкости. Исключение составляет переливная труба, но она не может быть отнесена к трубопроводам, полностью заполненным однофазной средой.

Таким образом, большая емкость может рассматриваться как второе или третье местное сопротивление.

Необходимый прямой участок должен быть равен $30D$ независимо от относительного диаметра СУ. Местное сопротивление перед большой емкостью не должно учитываться как второе сопротивление.

Струевыпрямитель служит, как это видно из наименования, для уменьшения или исключения завихрений потока, для его сглаживания. Струевыпрямитель устанавливается в прямом трубопроводе перед СУ и является первым местным сопротивлением. Прямой участок между СУ и струевыпрямителем должен быть длиной $22D$, между струевыпрямителем и местным сопротивлением перед ним – $20D$.

Струевыпрямитель позволяет уменьшить длину прямых участков, если суммарная длина их перед СУ составляет более $44D$.

При большом относительном отверстии СУ в ряде случаев также можно сократить длины прямых участков путем установки струевыпрямителя.

Струевыпрямитель может быть пяти различных типов (Цанкер, Шпринкель, Трубчатый, АМСА, Этуаль) с различными потерями давления на них и имеющих различное назначение по п. 7.3.2 ГОСТ 8.563.1-97.

Однако струевыпрямитель является относительно сложным механическим изделием и имеет высокую стоимость изготовления, монтажа и эксплуатации.

Прямой участок трубопровода между первым и вторым МС – L_{k2} зависит от второго МС. По ГОСТ 8.563.1-97 и ГОСТ 8.586.2-2005 прямые участки определяются по-разному. Вместе с тем для практического использования при проектировании можно воспользоваться данными, которые приведены в таблице 18.17.Т5.

При установлении прямолинейного участка между СУ и МС следует учитывать следующее. Введем обозначения:

– допустимый прямой участок (по рисунку 18.17.Р2), устанавливаемый или действующий до первого МС – L_{k1}/L_{p1} ; между первым и вторым МС – L_{k2}/L_{p2} ; прямой участок после СУ – L_{k11}/L_{p11} .

Необходимо, чтобы при определенном β :

1. $L_{p1} > \frac{1}{2} L_{k1}$ или $L_{p11} > \frac{1}{2} L_{k11}$.

2. Если $L_{p1} < L_{k1}$, то L_{p11} должно быть $\geq L_{k11}$.

Если $L_{p11} < L_{k11}$, то L_{p1} должно быть $\geq L_{k1}$.

Кроме местных сопротивлений на режимы истечения и расхода оказывает влияние состояние стенок трубопровода перед СУ на длине не менее $10D$ и не менее $4D$ после СУ. Трубопровод должен быть строго цилиндрическим и сплошным, т. е. не составным на длине не менее $2D$ перед СУ.

На прямолинейном участке далее $2D$ от СУ возможна:

- стыковка секций трубопровода с допустимой нецилиндричностью менее $0,3\%$ от среднего диаметра трубопровода;
- наличие уступов между секциями в соотношении $\frac{h}{D} \leq 0,05$, где h – высота уступа;
- наличие внутреннего сварного шва в секторе с углом $\pm 30^\circ$ поперечного сечения трубы от оси отдельного отверстия отбора давления;
- наличие относительной шероховатости $R_{ш}/D$ в зависимости от d/D не более величин, приведенных в таблице 18.17.Т7 (при этом величины эквивалентной шероховатости $R_{ш}$ для различных стенок трубопровода приведены в таблице 18.17.Т6). Данные таблицы 18.17.Т7 взяты из таблиц 5 и 9 международного стандарта ИСО 5167 и монографии П. П. Кремлевского «Расходомеры и счетчики количества веществ».

18.17А1.4. Отборные отверстия, уплотнительные прокладки

Стандарт ГОСТ 8.563.1-97 регламентирует применение трех разновидностей стандартной диафрагмы, которые различаются способом и методом отбора давлений до и после диафрагмы:

- угловой способ;
- фланцевый способ;
- трехрадиусный (радиальный) способ.

Угловой способ предполагает отбор давления непосредственно у плоскостей диафрагмы и имеет два метода исполнения:

- точечный;
- камерный.

При **точечном методе** (рисунок 18.17.Р5в) в трубопроводе просверливаются два отверстия размерами в пределах от 1 мм для жидкостей и 4 мм для пара и сниженных газов до 10 мм. Диаметр отверстий необходимо брать минимальным.

При **камерном методе** дисковая диафрагма зажимается между двумя кольцевыми обоймами (рисунок 18.17.Р5г), в которых проточены прямоугольные кольцевые камеры, соединенные кольцевыми щелями через отдельные отверстия (не менее 4) на внутренней поверхности каждой обоймы. Тем самым достигается усреднение давлений по периметру трубопровода.

Ширина корпуса каждой кольцевой обоймы составляет от $0,5D$ до $0,65D$ по п. 5.2.3.6 ГОСТ 8.586.2-2005. При большом значении D (более 400–500 мм) масса камер становится большой.

В этом случае усреднение давлений достигают сверлением по 4 отдельных отверстия во фланцах до и после диафрагмы на равном расстоянии друг от друга и соединением их наружными трубками в два коллектора, из которых производят отбор давлений (рисунок 18.17.Р5г).

Отбор из камер или многоточечный отбор давления обеспечивает большую точность отбора по сравнению с угловым; камеры дают точность выше, чем многоточечный отбор.

Фланцевый способ предполагает отбор давления через отверстия во фланцах, оси которых расположены на расстоянии 25,4 мм (1 дюйм) от входного и выходного торцов диафрагмы ($25,4 \pm 0,5$) мм при $D < 0,15$ м; ($25,4 \pm 1$) мм при $D > 0,15$ м.

Диаметры отверстий одинаковы и должны быть менее $0,08D$, но не более 12 мм и такими, чтобы избежать внезапного засорения (рисунок 18.17.Р5б).

Трехрадиусный (радиальный) способ определяет отбор давлений от отверстий, которые отстоят друг от друга на расстояние трех радиусов. Расстояние от входной плоскости диафрагмы до оси отверстия для отбора давления перед диафрагмой равно $2R = D$ ($0,9D - 1,1D$). Расстояние от той же плоскости до оси отверстия после диафрагмы равно $R = 0,5D$ ($0,48D - 0,52D$ при $\beta \leq 0,6$ и $0,49D - 0,51D$ при $\beta > 0,6$). Диаметр отверстий не более $0,13D$ или 13 мм (рисунок 18.17.Р5а).

При всех способах отверстия для отбора давления должны иметь острые кромки, без заусенцев и должны быть заподлицо с внутренней поверхностью трубопровода. Отверстие должно быть цилиндрическим длиной от внутренней стенки трубопровода более чем в 2,5 раза диаметра отверстия.

Отверстия до и после СУ могут быть расположены в любой осевой плоскости трубопровода с учетом требований п. 8.2.1.9 ГОСТ 8.563.1-97 для размещения отверстий на горизонтальном трубопроводе для жидкости, газа и пара, указанных на рисунке 18.17.Р6.

На горизонтальных линиях перед и после СУ может скапливаться конденсат и механические осадки. Для их удаления в соответствии с п. 7.1.8 следует предусмотреть **дренажные и продувочные отверстия**, диаметром менее $0,08D$; расстояние до отверстий для отбора – более $0,5D$. При этом осевые линии отверстий должны располагаться в осевых плоскостях, находящихся под углом более 30° к плоскостям отбора давления.

Установка СУ предполагает использование фланцевых соединений на измерительном участке трубопровода.

Фланцевое соединение требует применения уплотнительных прокладок с целью предотвращения утечек вещества из трубопровода, обеспечения свободного теплового расширения фланцев без коробления и поводки (п. 7.5.3.1 ГОСТ 8.563.1-97).

В то же время уплотнительные прокладки должны быть минимальной толщины (но не более $0,03D$) и не выступать во внутренние полости СУ (трубопровод, камера, отверстие для отбора давления).

Уплотнительные прокладки должны быть стойкими по отношению к измеряемой среде (температура, давление, химическое и механическое воздействие).

18.17А1.5. Термоизоляция

Согласно п. 7.1.9 ГОСТ прямые участки измерительного трубопровода должны иметь термоизоляцию.

Речь идет не о технологической тепловой изоляции, а о термоизоляции, которая необходима для качественного измерения температуры среды, влияющей на состояние элементов СУ.

При установке чувствительного элемента термометра (его гильзы) перед СУ термоизолируют участок от чувствительного элемента до СУ.

При измерении температуры за СУ (что рекомендуется ГОСТ 8.563.1-97) термоизоляцию проектируют для прямых участков перед СУ на длину $5D$, за СУ – от СУ до места размещения чувствительного элемента.

В случае, если разность температур среды до и после СУ не превышает $1/3$ погрешности измерения температуры, допускается не применять термоизоляцию участков.

18.17А1.6. Шероховатость, загрязнение

Расчетные формулы расхода, коэффициенты истечения и расхода применимы для длинных прямоугольных участков труб, труб гладких и без шероховатостей. Вместе с тем на практике трубы обладают реальной шероховатостью.

Различные трубы характеризуются эквивалентной шероховатостью $R_{ш}$ в мм (таблица 18.17.Т6).

Следует для каждой измерительной линии учитывать относительную эквивалентную шероховатость стенки $R_{ш}/D$, которая на длине не менее $10D$ перед диафрагмой имеет величину менее $3 \cdot 10^{-3}$ при условии, если ее влияние на коэффициент истечения C учтено поправочным коэффициентом на шероховатость $K_{ш}$ (расчет проводится по В.3 ГОСТ 8.563.1-97).

Коэффициент $K_{ш} = 1$ при $Re \leq 10^4$.

Коэффициент $K_{ш} = 1,0005$ приравнивается к 1. Необходимо использовать трубы для создания измерительного участка, которые удовлетворяют значениям относительной эквивалентности шероховатости $R_{ш}/D$, приведенным в таблице 18.17.Т7.

Значение $\frac{R_{ш}}{D}$ на длине до $10D$ перед диафрагмой должно удовлетворять условию:

$$R_{ш}/D \cdot 10^4 \leq 10^{(1/(10^{0,6}) + 81)/14}, \text{ в общем случае } R_{ш}/D \cdot 10^4 \leq 10^{-3}.$$

В процессе эксплуатации в результате коррозии, эрозии, загрязнения измерительного участка и СУ меняются перепад давления Δp и коэффициент расхода α .

С целью уменьшения изменения Δp и α при эксплуатации СУ необходимо часто вынимать СУ для чистки, проверки, ревизии и замены, а также для чистки, ревизии и замены (в случае необходимости) участков измерительного трубопровода на расстоянии $10D$ до СУ и $4D$ после него.

Рекомендуем помимо измерительных участков СУ с фланцевыми соединениями, показанных на рисунке 18.17.Р7 передавать специалистам-технологам, конструкторам-технологам задание на проектирование фланцевого разъема на расстоянии более $2D$ перед СУ, особенно для водяных сред (фланцы по ГОСТ 12821-80).

18.17А1.7. Опоры трубопровода, площадка обслуживания

Установка и снятие СУ и участков с фланцевыми соединениями требует механического создания зазора между фланцами до 4–6 мм.

Для этого необходимо раздвинуть вдоль оси технологический трубопровод и иметь возможность компенсации зазора для последующего изъятия элементов СУ из трубопровода. Поэтому желательно в большинстве случаев устанавливать СУ на горизонтальном участке технологического трубопровода, а не на вертикальном участке, особенно для средних и больших диаметров трубопроводов. Приведем для справки некоторые ориентировочные массы СУ и трубопроводов различного диаметра (таблица 18.17.Т8).

Учитывая то, что длина прямолинейного входного участка до СУ составляет до $40D$ – $100D$, а длина участка после СУ от $4D$ до $8D$, сдвигать следует участок после СУ. Компенсация создаваемого зазора может быть осуществлена установкой колена или компенсатора. Смещение с использованием колена производится перемещением самого технологического элемента — колена и участка трубопровода после колена

в перпендикулярном оси (продольном) направлении. Участок после колена должен иметь такую длину, которая позволит выполнить изгиб участка трубы без деформации трубопровода.

Все опоры трубопровода должны быть скользящими хомутовыми по ОСТ 34258-75, ОСТ 34263-75, бутельными по ОСТ 34259-75 или с одно-, двухкатковыми блоками по ОСТ 34269-75 и ОСТ 34270-75.

Установка СУ на вертикальном трубопроводе допустима для диаметров до 25–50 мм, когда масса незаполненного трубопровода и местного сопротивления после (выше) СУ не будет слишком велика, а масса съемного СУ позволит производить ручную изъятие его из трубопроводной линии. Следует учесть наличие площадки обслуживания СУ и его фланцевых соединений.

Наличие площадки обслуживания и возможность использования грузоподъемных механизмов следует предусмотреть при проектировании СУ также на горизонтальном трубопроводе.

18.17А1.8. Опросный лист для расчета и выбора СУ

Расходомер с сужающим устройством переменного перепада давления может использоваться для технического, оперативного измерения расхода жидкости, газа, пара и для проведения товарно-учетной или коммерческой операции.

Каждый вид использования измеренной величины расхода предъявляет определенные требования к проектированию сужающего устройства.

Сужающее устройство для измерения расхода в коммерческих целях требует соблюдения погрешностей измерения малой величины и проведения ряда метрологических мероприятий при аттестации устройства. Значительно менее затратно проектирование сужающего устройства для оперативных целей.

Независимо от использования расходомера существует, по нашему мнению, несколько способов реализации изготовления и установки на объекте сужающего устройства.

А. Изготовитель СУ – приборостроительное предприятие или фирма.

А1. Изготовление СУ производится по данным заказчика, составленным по имеющимся аналогам.

А2. Изготовление СУ производится по расчету изготовителя на основе исходных данных заказчика.

А3. Изготовление СУ производится по расчету территориального или отраслевого органа стандартизации и метрологии, представленного заказчиком изготовителю, без расчета диафрагмы изготовителем.

Б. Изготовитель – машиностроительная, приборостроительная фирма или предприятие региона. Изготовление СУ производится по индивидуальному заказу, по чертежам и спецификации заказчика (его подрядчика) на основании расчета территориального или отраслевого органа стандартизации и метрологии.

Каждый из способов поставки СУ на объект строительства или внедрения АСУТП имеет свои достоинства и недостатки.

Повышенные метрологические требования требуют повышенных затрат и организационных мероприятий – это способы А3 и Б. Наиболее дешевый способ А1

предполагает использование расходомера для оперативного измерения расхода продукта без метрологической экспертизы средства измерения.

Наиболее затратный способ Б на всех стадиях расчета, конструирования, изготовления, монтажа и сдачи в промышленную эксплуатацию позволяет организовать необходимые метрологические мероприятия и обеспечить коммерческий, официально оформленный учет расхода продукта.

Однако при всяком способе поставки СУ на объект проектировщик АСУТП обязан заполнить **опросный лист (анкету) для расчета и выбора СУ и прибора расходомера** (таблица 18.17.Т10).

Исходные данные опросного листа или анкеты подразделяются на 4 основных раздела.

Первый раздел содержит сведения о том, кто (какая организация или юридическое лицо) заполняет опросный лист, для какого предприятия предназначается расходомер, с какой целью будет использоваться расходомер (оперативный или коммерческий учет).

Второй раздел отражает данные об измеряемой среде (жидкость, газ, пар), о параметрах измеряемой среды (рабочее, избыточное и абсолютное давление, рабочая температура, плотность или удельный вес, вязкость при рабочей температуре, давление паров жидкости при рабочей температуре, максимальный и минимальный расход, допускаемый перепад или потеря давления на СУ), об агрессивности, взрыво- и пожароопасности измеряемой среды, наличии и величине механических примесей и т. п.

В этом разделе указываются также единицы расхода (л/с, л/мин, л/час, м³/час, кг/с, кг/час и другие).

Третий раздел определяет исходные данные о трубопроводе, в который будет устанавливаться СУ. К ним относятся – размеры трубы (диаметр, внутренний диаметр, толщина стенки), материал трубопровода, шероховатость трубы, длины прямых участков трубопровода, ориентация трубопровода в пространстве.

В раздел включают схему прямых участков трубопровода с указанием всех местных сопротивлений на длине до 100Dy перед СУ и до 10Dy после СУ.

Четвертый раздел определяет:

– исполнение СУ (исполнение и тип диафрагмы; тип отборных устройств давления; наличие, вид и размер фланцевых соединений с патрубками; марку материалов диафрагмы, корпуса камер, фланцев, монтажного кольца, уплотнительных прокладок и др.);

– дифференциальный манометр (количество – 1 или 2, вид и пределы измерения);

– вторичный прибор с определенным классом точности;

– необходимость поставки вентильного блока (трех- или пятивентильный).

К четвертому разделу прикладывается заверенный соответствующим образом расчет сужающего устройства, выполненный органом сертификации и метрологии (для способов А3 и Б). При способе поставки А1 проектировщик АСУТП указывает перепад давления Δp , размер отверстия d диафрагмы.

Второй и третий разделы должны быть согласованы с технологами объекта управления.

Опросный лист подписывают и ответственный исполнитель по проектированию АСУТП и заказчик (руководитель, исполнитель) СУ с указанием реквизитных данных для телефонной и другой связи.

Бланк-заказ на выполнение расчета СУ для измерительного комплекса Центра испытаний сертификации, опросный лист (анкета) для расчета диафрагмы по форме различны у отдельных организаций или предприятий. Вместе с тем все формы в той или иной степени включают исходные данные по приведенным выше разделам.

Для указания (способ А1) необходимого перепада давления Δp , внутреннего диаметра диафрагмы d и толщины диафрагмы E проектировщику АСУТП необходимо произвести ряд расчетных операций в определенной последовательности по данным третьего раздела опросного листа.

1.1. Как отмечено выше, в формулах массового и объемного расхода используются коэффициент расхода — α , диаметр отверстия истечения СУ — d , перепад давления на СУ — Δp , плотность продукта — ρ .

Коэффициент расхода α зависит от отношения диаметра отверстия к диаметру трубопровода $\frac{d}{D} = \beta$ и от числа Рейнольдса Re .

В расчетных операциях используется ряд данных из второго и третьего разделов опросного листа:

- G (q_m) — массовый расход среды, кг/с;
- D — внутренний диаметр ИТ при рабочей температуре, м;
- μ — динамическая вязкость среды, Па·с;
- ρ — плотность среды, кг/м³;
- ν — кинематическая вязкость среды ($\nu = \mu/\rho$), м²/с;
- ϵ — коэффициент расширения.

Отмеченные данные определяются проектировщиками технологической части или заказчиком.

Каждое из данных имеет относительную погрешность, которая в той или иной степени влияет на неопределенность всех последующих расчетов. Поэтому полученные в результате проведения расчетных операций величины d , β , $\Delta p_{пр}$ обладают неопределенностью при проведении измерений расхода.

1.2. Сначала устанавливают Re для трубопровода (Re_{max} и Re_{min} для предельных температур потока вещества) при определенной скорости потока v в трубопроводе.

$$v = \frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot D^2} \quad (\text{используется в 1.8});$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu \cdot 10^{-4}} \quad \text{или} \quad Re = 36,1 \frac{G}{D \cdot \mu \cdot 10^8}. \quad \text{При этом } v \text{ в м/с (используется в 1.3 и 1.4).}$$

1.3. В зависимости от скорости потока и вида продукта устанавливают приближенное число β из диапазона оптимальных значений. Рекомендуемое β приведено в таблице 18.17.Т9 и показано на рисунке 18.17.Р8 (используется в 1.5 и 1.7).

А. Измеряемое вещество — жидкость. СУ — диафрагма. На рисунке 18.17.Р8 и таблице 18.17.Т9 показаны зависимости коэффициента истечения C от Re и β .

При β в диапазоне от 0,2 до 0,6 коэффициент истечения C изменяется незначительно при любом способе отбора давления.

При $\beta > 0,6$ погрешность коэффициента C резко возрастает.

В то же время с уменьшением β погрешность на шероховатость уменьшается, но увеличивается потеря давления $\Delta p_{пот}$ в диафрагме.

Уменьшение β снижает требуемые длины прямых участков.

Предпочтительно выбирать β в пределах 0,44–0,55 (при этом $m = \beta^2$ соответственно составляет от 0,2 до 0,3).

Б. Измеряемое вещество – газ, пар. С – диафрагма. Скорости потока вещества для этих сред значительно выше скоростей жидкости.

Для скоростей потока в пределах 10–20 м/с следует использовать диафрагму с β в диапазоне 0,54–0,6 (m в пределах 0,3–0,36); при $v = 25–35$ м/с – β выбирают в диапазоне 0,63–0,67 (m в пределах 0,4–0,45).

При скоростях 40–80 м/с оптимальное значение β лежит в пределах от 0,75 до 0,8 (m в пределах 0,56–0,64).

В. Для сопел при прочих равных условиях следует выбирать β в полтора раза меньше, чем для диафрагм.

Проводят проверку на возможность работы СУ в конкретном трубопроводе диаметром D , имеющем эквивалентную шероховатость (таблица 18.17.Т6) $R_{ш}/D$ при установленном $\beta = \frac{d}{D}$.

Если $R_{ш}/D \cdot 10^4$ превышает значение относительной эквивалентной шероховатости при данном β по таблице 18.17.Т7, то можно поступить одним из следующих способов:

- увеличить d и соответственно β ;
- уменьшить D_m соответственно β ;
- применить трубопровод из другого материала, имеющего меньше $R_{ш}$;
- обеспечить механическую обработку внутренней поверхности трубопровода для снижения $R_{ш}$ до приемлемой величины.

Первый способ является предпочтительным.

1.4. По таблицам приложения А ГОСТ 8.563.1–97 определяют коэффициент истечения С для диафрагм в зависимости от:

- способа отбора давления;
- величины числа Рейнольдса (1.2);
- приближенного значения β для жидкости, пара или газа (1.3). ($C < 1$ и используется в 1.6 и 1.7).

1.5. Вычисляют коэффициент скорости входа Е по формуле $E = 1/\sqrt{1 - \beta^4}$; $E > 1$.

В таблице 18.17.Т2 приведены значения Е в зависимости от ряда β (β по 1.3) (Е используют в 1.6).

1.6. Перемножив коэффициенты С и Е, полученные в (1.4) и (1.5), получаем значение коэффициента расхода $\alpha = C \cdot E$ (α используется в 1.11).

1.7. Для дальнейших расчетов используется безразмерный комплекс $A = (\rho v^2)/\Delta p$.

Комплекс определяет отношение кинетической энергии в единице потока вещества плотностью ρ , движущегося в трубопроводе со средней скоростью потока v , к потенциальной энергии, затрачиваемой на ускорение потока в отверстии СУ.

A_{\max} рассчитываем по формуле: $A_{\max} = (\beta^2 \cdot C \cdot \epsilon)^2 / (1 - \beta^4)$.

Коэффициент расширения ϵ для жидкости равен 1, для газа и пара принимается в пределах от 0,98 до 0,95. Коэффициент понижается при повышении отношения перепада давления на СУ к абсолютному давлению на входе.

1.8. Для дальнейших расчетов по формуле $B = \sqrt{\rho v^2 / 2}$, где ρ – плотность вещества, v – средняя скорость по (1.2), определяется безразмерный комплекс В, учитывающий кинетическую энергию в потоке.

1.9. Комплексы А (1.7) и В (1.8) связаны формулой $A = B^2/\Delta p$, где Δp – перепад давления на СУ.

Отсюда определяется $\Delta p_{\text{пр min}} = \frac{B^2}{A_{\text{max}}}$.

1.10. По $\Delta p_{\text{пр min}}$ находится ближайший большой $\Delta p_{\text{пр}}$ для СУ из стандартного ряда дифманометров.

Предельное значение измерения разности давлений по ГОСТ 22520 определяется стандартным рядом давлений при предельно допустимом рабочем избыточном давлении и пределе допустимой основной погрешности. Стандартный ряд составляется из ряда чисел 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8; с возможным умножением числа на целое положительное или отрицательное число ($\pm n$). Для оперативного, а тем более коммерческого учета расхода, необходимо, чтобы максимальный измеряемый расчетный расход соответствовал предельному перепаду давления на СУ.

Принятый перепад давления $\Delta p_{\text{пр}}$ заносится в опросный лист (анкету) на поставку СУ по способу А1.

1.11. Подставляя ранее определенные значения В(1.8), $\Delta p_{\text{пр}}$ (1.10), α (1.6), ϵ (1.7) в формулу $\beta = \frac{B}{\alpha \epsilon \sqrt{\Delta p_{\text{пр}}}}$ получаем отношение диаметра отверстия СУ к диаметру трубопровода $\frac{d}{D}$; отсюда определяется значение d : $d = \beta \cdot D$.

Значение d также заносится в опросный лист.

1.12. Толщина диафрагмы E_D указывается в опросном листе (анкете) в пределах от 0,02 до 0,05D, где D – диаметр трубопровода.

Таким образом, по исходным данным D , G , μ и ρ , ϵ , виду измеряемого потока вещества (жидкость, газ, пар), способу отбора давления СУ рассчитывается и определяется $\Delta p_{\text{пр}}$ (по 1.10), d (по 1.11), E_D (по 1.12).

Расчетные данные заносятся в опросный лист на изготовление/поставку стандартной диафрагмы (18.17.Т10).

Определенный подобным образом параметр $\Delta p_{\text{пр}}$ можно включить в опросный лист/анкету на расчет диафрагмы.

Определенное и принятое $\Delta p_{\text{пр}}$ (1.10) позволяет рассчитать потерю давления на СУ. Как правило, специалисты-технологи рассчитывают потерю напора на трение и на местные сопротивления для трубопроводной линии. Расчет основывается на использовании коэффициентов сопротивления в трубах и коэффициентов местных гидравлических сопротивлений фасонных частей трубопроводов, различных препятствий и других элементов сетей.

Коэффициент местного сопротивления в определенных условиях зависит от Re (при $Re < 10^5$). Приводимые в справочниках коэффициенты сопротивления не указывают на зависимость их от Re . Поэтому на практике используются справочные коэффициенты местных гидравлических сопротивлений. Следует отметить, что в справочниках отсутствуют коэффициенты сопротивлений для сужающих устройств. Потерю напора на СУ технологи рассчитывают как сумму потерь при внезапном (резком) сужении и при резком расширении потока.

Потери давления на сужающем устройстве (кроме трубы и сопла Вентури) всегда меньше перепада давления на сужающем устройстве. Это видно из формулы потери давления

$$\Delta\omega = \frac{1 - \alpha\beta^2}{1 + \alpha\beta^2} \Delta p, \text{ так как } 1 - \alpha\beta^2 \text{ всегда меньше } 1 + \alpha\beta^2.$$

Однако по приведенной формуле не следует производить расчет для ориентировочного определения потери давления. Проще пользоваться формулой $\Delta\omega = (1 - \beta^{1,9}) \Delta p$, в которой зависимость определяется только размерами СУ и реальным перепадом давления на СУ.

Для предварительного расчета потерь давления в трубопроводной системе возможна передача технологом от специалистов АСУТП данных по указанной формуле.

18.17A1.9. Заключение

Расходомер с СУ может служить примером концентрации различных требований к подготовке профиля скоростей потока в трубопроводе перед первичным преобразователем расхода.

Хорошо развитый профиль потока, близкий к идеальному, может быть получен при выполнении ряда условий, которые определяют следующие параметры конструкции ИТ:

1. Длина прямых участков, которая зависит от наличия и вида последовательно действующих местных сопротивлений до и после расходомера.
2. Цилиндричность трубопровода, малые уступы и сварные швы в поперечном направлении, соосность соединений участков трубы как на фланцах, так и на сварке.
3. Шероховатость внутренней поверхности трубопровода, изготовленного из различных материалов, нового или бывшего в эксплуатации, ржавого, с накипью и другими отложениями и т. п.

4. Наличие, диаметр и обработка отверстий для дренажа и продувки.

5. Состояние уплотнительных прокладок на фланцевых соединениях.

Расходомер с СУ, как многие расходомеры другого типа, требует:

- определенного направления измеряемого потока (при полном заполнении трубопровода) – вертикального вверх или горизонтального;
- применения скользящих опор на участках трубопровода до и после расходомера;
- наличие площадок обслуживания;
- возможность применения грузоподъемных механизмов при монтаже, эксплуатации и демонтаже расходомера;
- термоизоляции участка от расходомера до места установки корректирующего термометра для измерения температуры потока вещества, проходящего через первичный преобразователь.

Большинство перечисленных условий и требований следует выполнять при проектировании и выборе измерительных средств расхода другого типа. Поэтому в разделах, в которых приводятся требования к конкретным расходомерам, имеются ссылки на текст данного раздела.

18.17А2. РАСХОДОМЕР ПЕРЕМЕННОГО УРОВНЯ

Расходомер переменного уровня – прибор, в основе которого лежит зависимость расхода от высоты уровня в емкости с непрерывным поступлением жидкости и вытеканием через отверстие в дне или в боковой стенке.

Жидкость может поступать в открытую емкость или в емкость, которая находится под давлением. Отверстие истечения может быть полностью заполненное или частично заполненное.

Полностью заполненное отверстие позволяет установить диафрагму и измерять расход по принципу переменного перепада давления, который зависит от уровня жидкости в емкости. Частично заполненное отверстие находится в боковой стенке емкости и имеет вид щели. Расходомер такого типа называется щелевым расходомером.

Щелевой расходомер применяется для измерения расхода агрессивных жидкостей, загрязненных жидкостей, суспензий, пульп и газожидкостных смесей.

Щелевые расходомеры разделяются на расходомеры с неподвижным и подвижным сосудом.

Расходомер с неподвижной емкостью представляет из себя водослив в стенке сосуда, в который непрерывно подается жидкость.

Расход определяется высотой уровня жидкости над нижней кромкой щели.

От щели зависит характер шкалы прибора. При прямоугольной форме щели – отверстия истечения – шкала прибора будет неравномерной.

Если щель выполнять в виде фигуры, у которой профиль сужается кверху по определенному криволинейному закону, то можно получить постоянную зависимость между расходом и высотой жидкости в сосуде. Имеется ряд литературных источников по расчету криволинейности отверстия истечения, что позволит получить линейную шкалу прибора.

Таким образом, остается лишь определить уровень разлива жидкости в емкости. Это возможно осуществить визуально либо с помощью различного вида уровнемеров. Технические данные некоторых уровнемеров приведены в разделе 18.18.

Промышленность выпускает несколько типов уровнемеров, предназначенных для измерения расхода в безнапорных сетях.

На практике конструкцию щелевого расходомера используют как дозатор, изменяя его производительность путем высоты слива переливной трубы, которая поддерживает заданный уровень жидкости в сосуде. Тем самым поддерживается определенный расход жидкости через щелевое или донное отверстие.

Расходомер щелевой рассчитывают и конструируют в технологической части проекта.

Специалисты АСУТП проектируют установку уровнемера жидкости в сосуде. В некоторых случаях проектируется регулирование и/или контроль положения переливной трубы по показаниям уровнемера.

Выше рассмотренный уровнемер имеет неподвижный сосуд истечения.

Если сосуд выполнить подвижным, то сосуд можно взвешивать. Но вес сосуда с жидкостью зависит от уровня жидкости в сосуде, что позволяет измерить расход вытекающей жидкости.

Расходомер переменного уровня требует индивидуальной градуировки шкалы. Щелевой расходомер имеет погрешность от 1 до 3–4 % в зависимости от метрологических характеристик оборудования поверки.

18.17А3. РАСХОДОМЕР ОБТЕКАНИЯ

Расходомеры обтекания широко используются в течение многих лет в различных технологических процессах.

Расходомер обтекания воспринимает динамическое давление потока, которое перемещает чувствительный элемент в зависимости от расхода вещества, проходящего через расходомер.

Расходомер обтекания может быть:

- постоянного перепада давления (ротаметр), когда тело обтекания перемещается, вертикально противодействуя своим весом динамической силе расхода;
- с изменяющимся перепадом давления и противодействием потоку обтекаемым телом пружиной;
- с поворотной лопастью, которая, являясь телом обтекания, противодействует динамике потока своим весом, иногда также пружиной или посторонним источником энергии.

Расходомер обтекания имеет зазор или сечения для прохода вещества между стенками трубы и подвижным телом обтекания.

Обтекание вещества подвижного тела вызывает затраты кинетической энергии и потери давления в расходомере. Эти затраты и потери зависят от вязкости вещества.

Погрешность расходомера составляет 1–2,5 %.

Ротаметр состоит из трубки (чаще всего – стеклянной), которая расходится конусом вверх и внутри которой перемещается поплавков.

Проточная часть ротаметра – коническая трубка и поплавков.

Форма и вес поплавка, его положение внутри трубки, число Рейнольдса и вязкость вещества влияют на градуировочные характеристики ротаметра. Каждый ротаметр на заводе-изготовителе градуируется на воде или на воздухе. При установке ротаметра на объекте для измерения расхода иных веществ требуется пересчет заводской градуировки в соответствии с утвержденными методиками.

Поплавки изготавливаются различных форм (вплоть до шариковой) и из различных материалов.

Измерительная трубка ротаметра изготавливается из химически устойчивого или термостойкого стекла.

Как правило, ротаметр предназначен для местного визуального определения расхода. Ротаметры с дистанционной передачей результата измерения встречаются редко. Ход поплавка в них очень мал, соизмерим с диаметром трубки. Подобный прибор относится к поплавковым расходомерам.

Поплавковый расходомер отличается от ротаметра отсутствием конической стеклянной трубки, малым ходом поплавка и особой формой поплавка.

Некоторые поплавковые расходомеры (типа РЭ и РП) ошибочно называют ротаметрами с дистанционной передачей.

Если в расходомере поплавков в виде поршня или иного тела перемещается во втулке с профилированной прорезью (подобной щели в щелевом расходомере), через которую выходит измеряемое вещество, то такой **расходомер** называют **поршневым**.

Расходомер постоянного перепада давления (ротаметр, расходомер поплавковый, расходомер поршневой) требует строго вертикального положения измерительной трубки. Перекос подвижного тела обтекания резко увеличивает погрешность измерения и приводит к износу обтекаемого элемента.

Расходомер постоянного перепада давления требует прямых участков при его установке: длина до расходомера $\geq 10D$ и после него $\geq 5D$; необходимость периодического контроля работы расходомера при изменении плотности давления газа или температуры жидкости, а также после чистки измерительных частей, требует поверочной установки на объекте, особенно при значительном количестве расходомеров.

Расходомеры обтекания с **изменяющимся перепадом давления** имеют перемещающееся тело обтекания (поплавок) с противодействием пружины потока, с уравниванием динамики потока на поплавок электромагнитом, с движением шарика по дуге окружности трубки в виде неполного кольца.

Подобные расходомеры на практике не применяются.

Расходомер обтекания с поворотной лопастью основан на гидродинамическом воздействии давления жидкости или газа на подвешенную в трубопроводе лопасть или на поворотную лопасть с уравниванием.

Такие расходомеры применяются редко. Однако датчики-реле (детекторы), использующие принцип расходомера обтекания с поворотной лопастью, нередко используются для контроля и сигнализации заданного расхода или скорости потока вещества.

Выпускаемые промышленностью расходомеры обтекания просты и надежны в эксплуатации, удобны при измерении малых расходов различных (в том числе агрессивных) жидкостей, газов и смесей, имеют широкий диапазон измерения и равномерную шкалу. Недостаток их — в незначительных давлениях измеряемой среды, влияние вязкости жидкости на точность измерения.

18.17А4. ВИХРЕВОЙ РАСХОДОМЕР

Вихревой расходомер реализует принцип измерения частоты колебаний давления, которые возникают в потоке среды в процессе образования вихрей за телом обтекания.

Вихревой расходомер может быть с неподвижным обтекаемым или с первичным закручиванием потока. К вихревому расходомеру относится также расходомер, в котором вытекающая из отверстия струя совершает автоколебания с пульсацией давления струи.

Вихревой расходомер с обтекаемым телом имеет установленное в трубопроводе тело обтекания, позади которого по потоку струи образуются завихрения. Так как вихри с одной и с другой стороны обтекаемого тела развиваются поочередно, то они образуют вихревую дорожку Кармана.

Частота срыва вихрей с неизменяемого во времени тела обтекания согласно критерию Струхала пропорциональна скорости потока и объемному расходу при постоянном Re .

Тело обтекания может иметь различную форму и создавать сильные и регулярные вихревые колебания, что позволяет четко фиксировать частоту изменения давления для преобразования ее в выходной сигнал преобразователя измерения.

Тело обтекания для проведения периодической поверки по бесперебойной технологии выполняется легкоъемным.

Вихревой расходомер предназначен для измерения расхода до $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ жидкости, до $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ газа и пара при давлении до 15 МПа, температуре от -200 до $+400 \text{ }^\circ\text{C}$, вязкости до $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (2 сСт) в трубопроводе до 300 мм.

Вихревой расходомер не имеет движущихся частей, создает незначительный перепад давления на расходомере. Расходомер имеет большой динамический диапазон 1:100 для жидкости и до 1:30 для пара и газа при числах Рейнольдса в пределах от 10^3 до $2 \cdot 10^5$ и относительной погрешности измерений объема до 1 % при межповерочном интервале до 4 лет. Вихревой расходомер с телом обтекания требует измерительного прямолинейного участка перед ним, длина которого зависит от скорости потока:

при скорости 1,6 м/с прямой участок составит 2D;

и соответственно 3,4 м/с – 4D; 4,9 м/с – 7D; 6,1 м/с – 13D; 8 м/с – 20D.

По данным ряда фирм (заводов)-изготовителей вихревых расходомеров прямолинейный участок трубы до расходомера должен составлять при струевыпрямителе 5D, при местных сопротивлениях и отсутствии струевыпрямителя – 10D, а участок после расходомера соответственно 2D и 5D.

Измерительный датчик (проточная часть) поставляется с патрубками и с фланцами для подключения в измерительный трубопровод или с коническими переходами вместо патрубков.

Расходомер с прецессией воронкообразного вихря имеет устройство, закручивающее поток, который направляется далее в расширенную часть и образует воронкообразную форму потока. Давление на внешней стороне вихревого потока пульсирует пропорционально угловой скорости потока и, соответственно, линейной скорости потока и объемному расходу. Преобразование частоты пульсации воронкообразного вихря в измерительный сигнал производится в электронном блоке расходомера. Известны расходомеры данного типа на расходы от 3 до $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ и на условные диаметры от 25 до 150 мм и на давление до 1,6 МПа и для вязкости жидкости менее $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

Вихревой расходомер с осциллирующей струей использует либо принцип эжекции части струи либо принцип обратной гидравлической связи части струи.

При этом происходит изменение частоты осцилляции (колебания) давления двух параллельных частей струи вокруг тела обтекания. Частота колебаний давлений с одной и с другой стороны тела пропорциональна скорости и объемному расходу общего потока среды через расходомер.

Расходомер, использующий приведенный принцип действия, пригоден для применения в трубах малого диаметра – от 12 до 100 мм при Re более $2 \cdot 10^3$ и расходах от 4 до 400 л/ч.

18.1756. ТАХОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСХОДОМЕР

К данному типу расходомеров относится широкая гамма измерителей расхода, которые имеют подвижный, как правило, вращающийся элемент; скорость движения его пропорциональна объемному расходу среды. Тахометрический преобразователь является второй ступенью измерения скорости движения (оборотов) измери-

тельного датчика. В основе тахометрического расходомера лежит использование расходомеров с подвижным (вращающимся) элементом:

- турбинного;
- крыльчатого;
- шарикового;
- роторно-шарикового;
- камерного.

Последние, в свою очередь, разделяются на ряд расходомеров различного вида (схема 18.17.СхБб).

Турбинный и крыльчатый расходомер подобны по принципу действия и отличаются расположением лопастей.

Лопастей турбинки расположены аксиально по винтовой линии при совпадении оси турбинки с осью потока.

Лопастей крыльчатки расположены тангенциально, радиально по отношению к оси крыльчатки, которая перпендикулярна оси потока.

Характеристика расходомера указанного типа определяется числом Рейнольдса Re , плотностью и вязкостью среды.

При малых числах Re (меньше 10^2) линейность отношения числа оборотов к объемному расходу нарушается.

Плотность газа также сказывается на скорости вращения турбины при малых плотностях газа (до $1-2 \text{ кг/м}^3$), уменьшая ее на $2-4 \%$, что также при малых скоростях газового потока увеличивает погрешность измерения.

Вязкость жидкости допустима до $20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, ее увеличение увеличивает пограничный слой протока жидкости, меняет профиль скоростей в проточной части расходомера, вызывая тем самым увеличение погрешности измерения.

Аксиальная турбинка очень чувствительна к направлению движения потока, которое влияет на частоту вращения турбинки. Поэтому высоко влияние местных сопротивлений МС на расходомер. Особенно велико влияние МС, которое создает одностороннее пережатие потока или вызывает винтовое движение потока.

Однако, как установлено практикой, прямой участок от МС до расходомера длиной $10D$ и от расходомера до МС после него длиной также $10D$ достаточны для снижения влияния МС до пренебрежимо малого значения. Применение струевыпрямителя (например, «Etoile», «АМСА») снижает длины до $5D/5D$. Для данного типа расходомеров недопустимы механические примеси.

Турбинный расходомер в общем случае выпускается на диаметры от 4 до 750 мм, для работы при давлении до 250 МПа в широком диапазоне температур от $-240 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+700 \text{ }^\circ\text{C}$ и большом диапазоне расходов ($1,5-10000 \text{ м}^3/\text{ч}$). Расходомер характеризуется малой потерей давления на нем (для разных типов и моделей – до 1,5 кПа и до 50 кПа). Погрешность тахометрического турбинного расходомера колеблется от $\pm 0,5 \%$ до $\pm 5 \%$.

При выборе турбинного расходомера во избежание быстрого изнашивания опор турбинки следует обратить внимание на следующее. ГОСТ 14167-83 устанавливает **эксплуатационный расход**, который определяет **наибольший неограниченный во времени расход** в пределах от 24 до 46 % от максимального объемного расхода. Таким образом желательно, чтобы $0,24q_{\text{max}} \leq q_p \leq 0,46 q_{\text{max}}$. При этом **кратковременно** допустимы расходы до q_{max} , но максимальный суточный расход не должен быть превышен.

Тангенциальный крыльчатый расходомер в большинстве случаев применяется для измерения расхода или количества жидкости (чаще всего воды) в трубах небольшого диаметра (15–50 мм). Крыльчатый расходомер соответствует требованиям ГОСТ 6019-83.

Для крыльчатого расходомера также следует обращать внимание на эксплуатационный расход.

Шариковый расходомер – это тахометрический расходомер, подвижным элементом которого является шарик, непрерывно движущийся по кругу.

Движение шарика организуется потоком вещества, закручивающимся в винтовом направляющем устройстве, или потоком, тангенциально подводимым в полость расходомера.

Применяют шариковый расходомер при Re от $7 \cdot 10^3$ до 10^5 .

Согласно ГОСТ 14012-76* шариковый расходомер применим для измерения расхода жидкости плотностью от 0,7 до 1,4 г/см³, вязкостью от $0,3 \cdot 10^{-6}$ до $12 \cdot 10^{-4}$ м²/с, температурой от –40 до +160 °С и давлением 5 МПа. Допустимы твердые включения при массовом содержании не более 40 г/л, различных размеров для разных диаметров расходомера – Ду3 – Ду200.

Расходы шариковых расходомеров колеблются от 0,1 до 400 м³/ч по воде с погрешностью от 0,5 до 2,5 % и потерей давления до 50 кПа.

Выпускаются шариковые расходомеры для измерения малых расходов (0,5–50 л/ч), но с большой потерей давления до 0,4 МПа.

Роторно-шаровой расходомер имеет шарик, который вращается вокруг своей оси под воздействием измеряемой среды. Роторно-шаровой расходомер иногда называют **расходомером с левитирующим шаром** или расходомером с гидродинамической подвеской ротора.

(Левитация – способ преодоления земного притяжения, левитирующий шар – шар, находящийся в пространстве и не касающийся поверхности.)

В практике АСУТП роторно-шаровой расходомер не применяется.

Камерный расходомер – тахометрический расходомер и счетчик, подвижные элементы которого движутся непрерывно или периодически под давлением измеряемой среды и отмеривают при этом определенный объем или массу измеряемой жидкости или газа. По существу, все средства автоматизации данной группы являются счетчиками, а не расходомерами. Далее в пособии будут рассмотрены именно счетчики камерного типа.

Камерные счетчики (схема 18.17.СхБ6) весьма разнообразны по конструктивным решениям. Камерные счетчики объединены в три группы.

Камерный счетчик без движущихся разделительных элементов имеет одну или несколько мерных камер, которые поочередно то заполняются, то опорожняются.

Заполнение/опорожнение камеры осуществляется:

– путем опрокидывания камеры с последующим возвращением в исходное положение;

– путем вращения барабана с камерами.

Опрокидывающийся камерный счетчик применяется для жидкости и может измерять либо массу вещества, либо его объем. Как правило, опрокидывающийся счетчик работает при атмосферном давлении, но работоспособен при помещении в герметичный корпус под избыточным давлением.

Объем камер разнообразен – от 0,5 до 50 л, расход при частоте 2–6 опрокидывания в минуту составит 0,18–6,0 м³/ч. При этом, изменяя частоту опрокидывания и объем камеры, можно увеличить диапазон измерения до 100:1 с высокой точностью и низкой погрешностью не более ± 1 %. При проведении дополнительных операций при завершении заполнения камеры (отсекая или уменьшая подачу жидкости в камеру) погрешность можно снизить до $\pm 0,1$ %.

Барабанный счетчик предназначен для измерения объемного количества жидкости или газа путем заполнения одной камеры с последующим поворотом камеры для ее опорожнения вокруг оси барабана и постановкой следующей камеры под заполнение.

Объем камеры варьируется – 0,33; 1; 2; 5; 10 и 20 л, при этом расход изменяется от 0,25 до 12,0 м³/ч при погрешности измерения не более $\pm 0,5$ %.

Погрешность барабанного счетчика зависит от вязкости измеряемой жидкости, которая может доходить до $80 \cdot 10^6$ м²/с.

Барабанный счетчик газа используют при проведении лабораторных работ.

Газосчетчик с эластичными стенками камер с помощью газораспределительного механизма золотникового или клапанного типа непрерывно заполняющего или опорожняющего камеры относится к **камерным счетчикам с эластичными стенками камер**.

Камерный счетчик с движущимися разделительными элементами имеет большое число разновидностей и применяется в технологических процессах весьма часто.

В этого вида счетчиках внутри измерительной камеры непрерывно перемещается один или несколько разделительных элементов, осуществляющих порционную выдачу объема жидкости или газа.

На схеме 18.17.СхБб показаны разновидности камерных счетчиков.

На погрешность измерения этих счетчиков влияют:

- относительная протечка через зазоры между подвижными элементами и неподвижными частями счетчика;
- вязкость и плотность измеряемого вещества;
- объем измерительной камеры и число оборотов (проходов) разделительных элементов.

Протечка зависит от толщины зазоров, вязкости вещества и перепада давления с двух сторон разделительных элементов. Чем меньше вязкость, тем больше протечка.

Потеря давления на счетчике зависит от расхода вещества и его вязкости. Чем больше расход и/или вязкость вещества, тем больше потеря давления при том же объеме измерительной камеры.

Камерные счетчики имеют различную конфигурацию разделительных элементов, которые определяют наименование счетчика.

Разновидности камерных счетчиков с разделительными элементами:

- поршневой (одно- или многопоршневой);
- зубчатый (с овальными шестернями или с винтовым ротором);
- лопастной (со скользящими или складными лопастями);
- ковшевой;
- кольцевой;
- дисковый;
- роторный.

Поршневой счетчик отличается большой точностью измерения (0,5–1 %). Используются для измерения расхода нефти и нефтепродуктов. Также используются в качестве контрольно-поверочного устройства (компакт-прувер) для осуществления высокоточных, быстрых и непрерывных поверок расходомеров жидкости различных видов в эксплуатационных условиях с воспроизводимостью результатов измерений 0,002 %.

Высокая точность измерения достигается в том числе за счет исключения зазоров путем установки на поршень уплотнений в виде манжет или колец.

Поршневой счетчик выпускается на небольшие расходы нефтепродуктов, в том числе мазутов, в трубах диаметром до 50 мм.

Зубчатый счетчик с овальными шестернями состоит из двух зацепленных овальных шестерен, которые вращаются в разные стороны из-за разности давлений вещества на входе и выходе счетчика. Тем самым перемещаются определенные объемы жидкого вещества.

Параметры вещества – вязкость в пределах от $0,55 \cdot 10^{-6}$ до $300 \cdot 10^{-6}$ м³/с, давление до 6,4 МПа, температура от –40 до +120 °С. Диаметры трубопроводов для нефтепродуктов от 15 до 80 мм.

Счетчик имеет модификацию с обогреваемой паром рубашкой.

На работу счетчика в значительной мере влияет вязкость жидкости. Увеличение вязкости снижает потери через зазоры, но увеличивает сопротивление движению овальных шестерен.

Зубчатый счетчик с винтовыми роторами применяется для измерения небольшого количества жидкости в пределах от 0,24 до 1,2 м³/ч при вязкости $3 \cdot 10^{-5}$ – $8,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с, температуре от 50 до 125 °С, давлении до 6,4 МПа.

Погрешность измерения количества жидкости ± 1 % или 1,5 %.

Лопастной счетчик может быть со скользящими или складывающимися лопастями и роliko-лопастного типа. Счетчики со складывающимися лопастями не используются.

В лопастном счетчике скользящие лопасти перемещаются в радиальных прорезах цилиндра внутри цилиндрической измерительной камеры. Одна или две лопасти принудительно выдвинуты из прорезей до упора во внутреннюю поверхность камеры. Лопасти перекрывают кольцевой проход вокруг цилиндра и вращают его, отмеряя нормированные объемы вещества.

Цилиндр может иметь вращение вокруг неподвижного профилированного кулачка, который при вращении цилиндра воздействует на лопасти через ролик на концах лопастей и перемещает их в прорезях цилиндра.

В другом варианте вращательный цилиндр размещается эксцентрично по отношению к измерительной камере и лопасти прижимаются к ее внутренней поверхности при вращении цилиндра. Последнее приводит к увеличению трения элементов счетчика, их износу и увеличению потери давления на счетчике (до 50 кПа).

Измерения лопастных счетчиков зависят от вязкости жидкости ($0,55 \cdot 10^{-6}$ – $300 \cdot 10^{-6}$ м²/с), давления до 6,4 МПа и температуры в пределах от –40 до 120 °С.

Счетчики со скользящими лопастями выпускаются на диаметры 100, 150 и 200 мм и расходы от 17,5 до 270 м³/ч. Они могут использоваться для измерения агрессивных сред и иметь обогреваемую рубашку.

Счетчик роторно-лопастного типа предназначен для измерения малых расходов в трубах небольшого диаметра.

В счетчике вращаются под действием перепада давления жидкости:

— цилиндр с двумя неподвижными диаметрально расположенными лопастями (в кольцевой измерительной камере);

— два роликовых замыкателя в виде цилиндров серповидного сечения (в углублениях измерительной камеры), которые шестеренками связаны с ротором.

Диаметры труб — 12–55 мм, расходы от 0,04 до 1,5 м³/мин, давление до 16 МПа, температура от –40 до +150 °С, вязкость в пределах $(1-1000)10^{-4}$ м²/с, потеря давления до 50 кПа, погрешность — $\pm 0,1-0,2$ %.

Приведенные данные указывают на широкий диапазон вязкости, малые расходы жидкости и высокую точность счетчика роторно-лопастного типа.

Ковшовый счетчик имеет сложную конструкцию — вращающийся вокруг горизонтальной оси крестообразный цилиндрический ротор, в полукруглых пазах которого вращаются четыре полукруглых корытообразных ковша. Ковши всегда двигаются плоскопараллельно, что достигается с помощью подвижных шестерен, связанных с центральной шестерней.

Применяется ковшовый счетчик на трубах с жидкостью диаметром 200–400 мм при погрешности $\pm 0,5$ % и потере давления до 30 кПа.

Кольцевой счетчик имеет кольцо, которое катится внутри цилиндрической камеры при одновременном скольжении полуоси кольца внутри центрального кольца на дне измерительной камеры. Тем самым при повороте кольца на 180° под действием Δp достигается заполнение одного измеряемого объема V1 жидкости с одновременным вытеснением второго измеряемого объема V2. При последующем повороте кольца происходит уже вытеснение объема V1 при одновременном заполнении объема V2.

При малой вязкости продукта погрешность выше и достигает ± 1 % (вязкость до $0,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с). Погрешность снижается до $\pm 0,2$ % при увеличении вязкости до величин более $6 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Чаще всего кольцевые счетчики используют там, где требуется коммерческий учет жидкости или сжиженного газа, например смазочных масел, молока, соков, агрессивных жидкостей. Кольцевые счетчики предназначены для труб от 15 до 80 мм, расходов от 3 до 1000 л/мин вязких жидкостей при давлении до 63 кПа и температуре до 300 °С. При этом счетчик обеспечивает малую потерю давления.

Дисковый счетчик ранее применялся для измерения количества нефтепродуктов и других жидкостей в трубопроводах 15–150 мм диаметром.

В настоящее время заменен зубчатым счетчиком с овальными шестернями.

Разделительным элементом в счетчике является диск с радиальной прорезью на шаровой опоре, который по сложной траектории совершает колебательно-качательные движения вдоль радиальной перегородки.

Роторный счетчик широко применяется в качестве газосчетчика.

Два ротора в виде «восьмерки» скомпонованы под углом 90° и вращаются, попеременно отсекая в пазу «восьмерки» измеряемую дозу газа с последующим выдавливанием ее в выходное отверстие.

Характеристики роторного (ротационного) газосчетчика изменяются в широком диапазоне:

— расход от 4 до 1200 м³/ч;

— диаметр от 50 до 200 мм.

Погрешность газосчетчика — от ± 1 % до ± 3 %.

Значительная погрешность счетчика с «восьмеркой» может быть снижена в счетчике с роторами трапецеидальной формы. Роторы такой формы вращаются вокруг неподвижных цилиндров неполного круглого сечения. При этом счетчик не имеет пульсаций расхода и давления и обладает меньшей погрешностью.

Особенности камерных счетчиков.

Преимущества:

- высокая точность измерения расходов жидкости (от $\pm 0,2$ до $\pm 1\%$), газа (до $\pm 1\%$);
- большой диапазон расходов (q_{\max}/q_{\min}) – 5:1; 20:1;
- небольшая зависимость от вязкости;
- малая потеря давления;
- допустимая высокая вязкость (до $3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$);
- возможность использования для агрессивных веществ;
- температура от $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+300 \text{ }^\circ\text{C}$;
- возможность подогрева счетчика;
- не требует внешнего питания;
- не требует подготовки профиля потока (кроме аксиальной турбинки);
- отсутствие входных и выходных прямых участков;
- простота эксплуатации.

Недостатки:

- непосредственный контакт с измеряемой средой;
- малая величина расхода измеряемого вещества;
- малые диаметры труб;
- высокая чувствительность к механическим примесям;
- чувствительность к абразивным измеряемым веществам;
- зависимость от вязкости и плотности вещества;
- малый межповерочный интервал;
- пульсация расхода и давления после счетчика;
- сложное механическое и конструктивное исполнение;
- наличие движущихся частей;
- значительный вес.

Тахометрический преобразователь расхода служит для преобразования частоты вращения или проходов подвижного элемента расходомера в показания расхода или количества вещества, проходящего в единицу времени или прошедшего за определенный период времени через измеритель расхода.

Давно известны механические счетчики (счетные механизмы), которые путем соединения с подвижным элементом расходомера показывают количество вещества, прошедшего через расходомер в единицах объема или массы в зависимости от вида расходомера.

Механическая связь счетчика через редуктор нагружает ось датчика расхода, увеличивая погрешность расходомера до $\pm 2\%$.

В то же время тахометрическая связь с использованием методов передачи от подвижного элемента датчика к преобразователю снижает погрешность до $\pm 0,5\%$.

Тахометрический преобразователь использует ряд методов, которые применяются в бесконтактных выключателях:

- индукционный;
- фотоэлектрический;
- оптический.

Принцип действия бесконтактных счетчиков изложен в 18.13.1 и в приложениях 18.Пр2, 18.Пр3, 18.Пр6.

Тахометрический преобразователь расхода является составной неотъемлемой частью расходомера и формирует информацию, которая либо отражается непосредственно по месту установки расходомера либо может передаваться по каналу связи в систему получения входных импульсных сигналов, примененную в АСУТП.

18.17Б7. СИЛОВОЙ РАСХОДОМЕР

К силовым расходомерам по приведенной классификации относятся расходомеры, в которых с помощью внешнего силового воздействия потоку сообщается дополнительное ускорение, пропорциональное массовому расходу, и измеряется тот или иной параметр, характерный для силового воздействия или эффекта, вызванного этим воздействием. Измеряемый параметр пропорционален массовому расходу, поэтому силовой расходомер также называют массовым расходомером.

Известны в зависимости от характера воздействия и сообщаемого им ускорения следующие виды силовых расходомеров:

- кориолисовый;
- гироскопический;
- турбосиловой;
- перепадно-силовой.

Последние три вида на практике не применяются. Поэтому в пособии они не рассматриваются.

Кориолисовый расходомер

Целый ряд достоинств кориолисовых массовых расходомеров послужили тому, что в последние десятилетия этот вид расходомеров бурно развивается и совершенствуется, завоевывает новые и новые области применения.

Отметим основные достоинства кориолисового массового расходомера:

- высокая точность измерений параметров в течение длительного времени (погрешность измерений расхода жидкости до $\pm 0,5\%$, газа до $\pm 1\%$);
- широкий ассортимент измеряемых сред (газы; жидкости, в том числе агрессивные; эмульсии; суспензии; взвеси; тяжелые и высоковязкие среды – сырая нефть, мазут, битум);
- большой диапазон температуры измеряемой среды ($-40 \div 400$ °С);
- высокое избыточное давление в трубопроводе – до 30 МПа;
- длительный срок между поверками – более 4 лет;
- низкая эксплуатационная стоимость;
- отсутствие прямолинейных участков до и после расходомера.

Отметим также основные недостатки этого вида расходомера:

- большая потеря давления на расходомере;
- небольшие диаметры трубопроводов (от 6 до 150 мм);
- небольшие величины расходов (до 600 000 кг/ч);
- необходимость иметь избыточное давление после расходомера;
- высокая стоимость расходомера.

Расходомер содержит сенсор (датчик расхода) и преобразователь. Сенсор непосредственно измеряет массовый расход, плотность и температуру измеряемой среды.

Преобразователь преобразует получаемую сенсором информацию в стандартные сигналы.

Сенсор представляет из себя две параллельные или одну измерительную трубку.

В середине измерительной трубки (трубок) расположена задающая электромагнитная катушка, которая колеблет трубку. Колебание трубки создает в каждой точке трубки движение, характеризующееся векторным полем с ротором вращения точки. В некоторых технических материалах колебательное движение трубки называют вращательным.

На равном расстоянии от задающего магнита на входной и выходной части трубки установлены детекторы, которые тем или иным способом определяют направление и величину колебания (вращения) трубки (трубок).

Когда через трубку не протекает измеряемая среда, то детекторы получают однофазные сигналы колебания трубки.

При движении измеряемой среды через сенсор проявляется физическое явление, так называемый эффект Кориолиса. Поступательное движение среды во вращательном (колебательном) движении в измерительной трубке приводит к возникновению кориолисова ускорения, которое вызывает кориолисовую силу. Эта сила по своей природе консервативна, т. е. пытается сохранить без изменения то состояние, которое было до получения внешнего возмущения.

Известно, что тело, у которого меняют скорость движения и/или направление, сопротивляется этому с силой, равной и противоположной силе, вызывающей это изменение.

Так, при входе в трубку, колебание которой производится в одну сторону, среда воздействует на трубку таким образом, чтобы трубка не имела перемещения в эту сторону. При колебании трубки в противоположную сторону среда пытается воздействовать так, чтобы трубка продолжала перемещаться (изгибаться) в прежнем направлении.

При выходе из трубки частицы потока тормозятся и силы Кориолиса действуют на изгиб трубки по направлению колебания.

Таким образом, силы Кориолиса на входе и выходе измерительной трубки воздействуют на нее в противоположных направлениях, в противофазе и прямо пропорциональны массовому расходу измеряемой среды.

$F_c = 2 \Delta m (\omega \times v_R)$, F_c – сила Кориолиса;

Δm – движущаяся масса в измерительной трубке;

ω – скорость вращения (колебания);

v_R – радиальная скорость в колеблющейся трубке.

При двух параллельных трубках воспроизводимые трубками кориолисовы силы вызывают сдвиг фазы колебаний: чем больше массовый расход, тем больше сдвиг фаз колебаний трубок.

При заданной частоте разность фаз пропорциональна расходу массы.

Измерительная трубка всегда возбуждается в ее резонансной частоте. Изменение массы колеблющего сенсора вызывает изменение частоты возбуждения.

Поэтому резонансная частота является функцией плотности измеряемой среды при неизменных размерах трубки. Одновременно температурный сенсор измеряет температуру стенки измерительной трубы.

Все сигналы от детекторов и датчика температуры передаются в преобразователь для обработки.

В зависимости от типа преобразователя в общем случае возможно измерение:

- массового расхода;
- общей массы;
- плотности;
- температуры;
- объемного расхода;
- общего объема;
- % твердых примесей;
- концентрацию примесей.

В кориолисовых расходомерах используются значительное число разновидностей измерительных трубок. Это может быть одна или две трубки, прямолинейная или изогнутая. Их некоторые виды приведены на рисунке 18.17.Р9.

Применение прямой трубки в расходомере позволяет:

- увеличить вязкость измеряемой среды;
- уменьшить перепад давления на расходомере в 2–2,5 раза;
- снизить гидравлические потери на расходомере;
- повысить диапазон давления измеряемой среды;
- повысить верхний предел температуры измеряемой среды.

В то же время прямая трубка в расходомере:

- уменьшает производительность расходомера;
- уменьшает диапазон измеряемых расходов;
- снижает точность измерения массового расхода;
- увеличивает влияние внешних вибраций.

Измерительные трубки размещаются в различного вида корпусах. На корпусе пылевлагозащищенного исполнения (см. ниже) располагается или преобразователь при так называемой компактной версии расходомера или клеммная коробка для подключения соединительного кабеля с преобразователем, который устанавливается на расстоянии до сотен метров от датчика при раздельной версии расходомера. Такое решение разработано не всеми изготовителями расходомера. Многие предприятия выпускают массовые кориолисовые расходомеры в большом числе модификаций. Диапазон расходов массы жидких веществ – широкий от 0,45 кг/ч до 500 000 (680 000) кг/ч.

Измеряемая среда может иметь плотность от 0,1 до 2,9 г/см³. При этом имеются модификации расходомеров, работающие с высоковязкими веществами, плотность которых может достигать 6 г/см³.

Трубопроводы подключения расходомера и диаметр преобразователя расхода имеют размер от 1,5 (1,0) до 150 мм, большинство модификаций от 10 до 80 мм.

Давление среды колеблется от 40 (63) до 100 (280) бар, а температура – от минус 50 до плюс 180 °С (–50 ÷ +180 °С), некоторые модификации от – 200 до + 400 °С.

Потеря давления на расходомере зависит от вязкости и расхода продукта, от диаметра преобразователя, вида и числа измерительных трубок расходомера и составляет от 0,1 до 100 бар. Зависимости потери давления Δp от ряда параметров показаны на рисунках 18.17.Р10А и 18.17.Р10Б.

Погрешность измерения массового расхода в широком диапазоне (от 1:10; 1:20; 1–100 для различных модулей) составляет в большинстве случаев $\pm 0,15\%$ (отдельные модификации – $\pm 0,10\%$ или $\pm 0,05\%$). Рисунок 18.17.Р11 отражает зависимость погрешности от массового расхода (в %).

Большинство массовых расходомеров имеют взрывобезопасное исполнение не хуже ЕЕхivII В Т3–Т6 и исполнение корпуса IP65, IP67, позволяющие использовать их в наружных и внутренних взрыво-, пожароопасных условиях при температуре окружающей среды от -20 до $+55$ °С.

Вес расходомера колеблется в зависимости в основном от диаметра в диапазоне от 2,6 до 70 кг (для d_y 150 – до 260 кг).

Проектировщик АСУТП обязан обратить внимание на вес прибора с тем, чтобы правильно выбрать место установки, высоту установки над уровнем поля, подготовить задание на опорные конструкции и обслуживающую площадку.

Укажем также на некоторые особенности установки массового расходомера. На измерение расхода не влияет профиль потока, поэтому прямые участки до и после расходомера не требуются.

Датчик должен быть заполнен измеряемой жидкостью. При наличии воздуха в жидкости датчик необходимо установить горизонтально таким образом, чтобы две измерительные трубки лежали рядом, а не одна над другой. Перед и после расходомера желательно установить запорную арматуру для проведения настройки нулевой точки.

При вертикальной установке направление потока должно быть снизу вверх, скорость потока не ниже 1 м/с и противодавление не менее 0,2 бар. При этом в трубках исключаются осадки. Желательно перед расходомером установить перекрывающий запорный орган, который позволит при наладке расходомера производить настройку нуля.

Следует исключить влияние кавитации и вибрации в подводящих/отводящих трубопроводах для исключения резонанса в датчике, гибкие элементы амортизации нельзя подключать непосредственно к датчику.

Приблизительный номинальный диаметр расходомера (D_y) определяется путем оптимизации между требуемым диапазоном измерения расхода (20–50 % от предельной величины диапазона измерения по приведенным ниже данным) и допустимым падением давления по рисунку 18.17.Р12 .

При D_y равном 8 мм диапазон расхода 100–2000 кг/ч;

при 15 мм – 300–6500 кг/ч;

при 25 мм – 900–18000 кг/ч;

при 32/40 мм – 1500–30000 кг/ч;

при 50 мм – 3500–70000 кг/ч;

при 80 мм – 9000–180000 кг/ч.

Каждое предприятие использует собственную программу расчета размера датчика по данным, приведенным в анкете или опросном листе для заказа массового расходомера.

Крепление расходомера производится между двух участков технологического трубопровода (рисунок 18.17.Р13). Трубопроводы должны быть закреплены симметрично на расстоянии (10–15) диаметров трубопровода и освобождены от напряжения. Крепления труб на фланцах или корпусе расходомера не допускается. Трубы

с различными диаметрами необходимо привести в соответствие с диаметром расходомера. Диффузор/конфузор располагается за опорными конструкциями.

В анкете или опросном листе необходимо указать:

- жидкость;
- диапазон расхода (минимум, норма, максимум);
- плотность жидкости;
- требуемую точность измерения;
- вязкость;
- диапазон температуры измеряемой среды;
- максимальное давление измеряемой среды;
- допустимый (максимальный) перепад давления на расходомере;
- вид соединения;
- диаметр соединения.

Преобразователь сигналов массового расходомера у каждого производителя уникален и не может быть, как правило, заменен на преобразователь иного производителя.

Преобразователь сигналов имеет высокую скорость их обработки, быстрый отклик, высокую помехоустойчивость к шумам процесса, простое обслуживание.

Преобразователь обеспечивает точные измерения расхода массы, объемного расхода, плотности, температуры и в некоторых модификациях фракций измеряемого вещества.

Преобразователь сигналов размещается в компактном корпусе и в зависимости от места установки, степени взрывозащиты и вида защиты имеет различные модификации:

- для установки на корпусе датчика (компактная версия);
- для установки в производственных условиях при отдельной версии;
- для установки в щите различного вида (также при отдельной версии) на стойке 19", на панели управления, на внутренней панели.

Модификации бывают взрывобезопасного или обычного исполнения.

При компактной версии соединения преобразователя с датчиком выполняются в процессе изготовления расходомера.

При отдельной версии соединения преобразователя с клеммами выходной (клеммной) колодки датчика осуществляются по проекту АСУТП соединительным кабелем.

Соединительный кабель – пять пар – $5 \times 2 \times 0,35$ мм², попарно скрученный и экранированный:

- 1 пара – включение электромагнитной катушки;
- 2 и 3 пара – информация от измерительных сенсоров;
- 4 и 5 пара – включение термометра по 4-проводной схеме.

Соединительный кабель заказывается в комплекте с расходомером отдельной версии или выбирается по рекомендациям производителя расходомера.

В общем случае преобразователь расхода имеет:

- конфигурируемое меню с индикацией текущего расхода, суммарных значений расхода, выходных установок дозировки;
- клавишное управление дозировкой, установкой нуля, поиска необходимой индикации.

Производители систематически обновляют и дополняют функциональные возможности преобразователей.

Преобразователь различных производителей имеет разнообразные выходные сигналы.

Необходимо по материалам производителя определить назначение и возможности выходных данных преобразователя и увязать их с функциональными требованиями АСУТП объекта управления.

18.17В8. РАСХОДОМЕР ТЕПЛОВОЙ

Тепловые расходомеры могут использовать различные способы измерения:

- калориметрический;
- термоконвекционный;
- термоанемометрический.

Схема 18.17.Сх8В отражает общую классификацию тепловых расходомеров. Многие разработки расходомеров имеют прикладное значение в лабораторных исследованиях, в основном на малые расходы в трубках небольшого диаметра.

В то же время промышленностью выпускается несколько видов тепловых расходомеров.

Эти расходомеры основаны на использовании термоанемометрического принципа измерения.

Принцип состоит в том, что среда, омывающая нагреваемый температурный датчик, уносит с собой известную часть тепловой энергии этого датчика. В расходомере среда огибает два температурных датчика РТ100. Один датчик обеспечивает опорное значение, представляющее собой температуру самой среды. Второй датчик является подогреваемым элементом, который получает энергии ровно столько, чтобы компенсировать тепловое рассеяние и поддерживать точно заданную разницу температур.

Чем больше массовый поток омывает подогреваемый датчик, тем больше рассеивается тепловой энергии, и тем большая мощность должна подводиться к этому датчику для поддержания разницы температур.

Таким образом, ток в цепи подогрева датчика является измеряемым параметром, определяющим массовый расход газа или жидкости.

Принцип измерения расхода в последние годы получил широкое распространение в промышленности и успешно используется во многих применениях, связанных с газами:

- учет сжатого воздуха и поиск утечек;
- потоки газа при низком давлении, например, поток воздуха при атмосферном давлении;
- измерение расхода чистых газов (аргон, O_2 , N_2 и др.);
- измерение природного газа на горелках и в сушилках;
- измерение CO_2 в пивоварении;
- измерение воздуха в танках аэрации на системах водоочистки.

Когда при измерении расхода газа важен широкий динамический диапазон и малая потеря давления, термоанемометрические расходомеры представляют собой реальную альтернативу диафрагмам и вихревым расходомерам.

Основные преимущества:

- прямое измерение и отображение массового расхода;
- широкий динамический диапазон до 100:1;
- высокая чувствительность измерений;
- отсутствие движущихся частей;
- незначительная потеря давления (<2мбар);
- быстрая реакция на изменение потока;
- большой диапазон диаметров (DN15...1000);
- низкая чувствительность к загрязнениям и влажности;
- независимость от изменения давления и температуры потока вещества;
- большой выбираемый заказчиком диапазон измерений расхода потока (от 0,005 л/мин до 7500 л/мин по воздуху при нормальном давлении).

Диапазон измеряемых температур от 0 до +70 °С; давление среды до 25 (40) бар.

Точность по воздуху до ±3 %; постоянная времени реакции – 0,7 с и быстрее.

Скорость потока через расходомер:

- газ – от 0 до 70 м/с;
- жидкость – от 0 до 3 м/с.

Исполнение IP40; IP65.

Размер расходомера по длине от входа до выхода потока вещества в пределах от 100 до 150 мм в зависимости от диаметра трубопровода (DN12; DN25).

Для диаметра трубопровода 12 мм требуется прямой участок в 10D до расходомера; расходомер большего диаметра ограничений участков не имеет. Вес термоанометрического расходомера незначительный – менее 10 кг.

18.17В9. РАСХОДОМЕР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ

Электромагнитный расходомер имеет также наименование «индукционный» или «магнитоиндуктивный».

Электромагнитный расходомер предназначен для измерения расхода **электропроводящих веществ**, но не для измерения расхода газа и пара.

Основополагающим законом действия электромагнитного расходомера является закон электромагнитной индукции Фарадея:

$$E = BDvk \text{ или } E = Bk4Q_0/\pi D.$$

E – разность потенциалов ЭДС, которая индуцируется в жидкости при пересечении ею со скоростью v магнитного поля напряженностью B , между электродами на расстоянии D (D равно диаметру трубопровода). k – коэффициент пропорциональности или постоянная датчика, зависит от модификации датчика. Q_0 – объемный расход жидкого вещества. Закон Фарадея определяет, что в проводнике, который движется в магнитном поле, наводится электрическое напряжение. В расходомере роль движущегося проводника исполняет жидкость, протекающая по магнитонепроводимой трубе, т. е. трубе, изготовленной из немагнитного материала, покрытой изнутри неэлектропроводной изоляцией и помещенной между полюсами электромагнита.

В трубу введены два электрода для снятия напряжения. Электроды располагаются перпендикулярно к потоку жидкости и перпендикулярно к направлению силовых

линий магнитного поля. Напряжение сигнала в пределах 5–6 мВ снимается электродами, находящимися в контакте с измеряемой средой и передается через изолированную стенку трубы к измерительному преобразователю для обработки в стандартный сигнал.

Так как жидкость является проводником электрического тока, то она должна обладать электропроводностью.

Выпускаемые промышленными предприятиями электромагнитные расходомеры с пульсирующим постоянным магнитным полем работают с жидкостями, имеющими минимальную электропроводность $5 \cdot 10^{-3}$ См/м (сименс/метр). Электропроводность ряда жидкостей приведена в таблице 18.17.Т14.

Расходомеры с пульсирующим полем, создаваемым переменным электрическим током, могут применяться для жидкостей с электропроводностью более $1 \cdot 10^{-5}$ См/м.

Электромагнитный расходомер выпускается на диаметры в широком диапазоне:

– $2 \div 2000$ мм со скоростью протока от 0,15 до 12 м/с;

– давление измеряемой среды до 40 бар;

– температура от -40 до $+180$ °С;

– точность измерения расхода от 0,1 до 0,5 %, для жидкостей с механическими включениями до 1,5 %.

Обычно измерительный датчик выбирается по диаметру, соответствующему скорости протекающей жидкости в диапазоне 1–3 м/с, скорость вычисляется по формулам:

$v = 1273,24 \cdot Q/D_2$ (м/с, л/с, мм); $v = 353,68 \cdot Q/D_2$ (м/с, м³/ч, мм).

Для ориентировочного подбора расходомера по диаметру приводим номограмму для определения D по скорости и расходу воды через датчик (рисунок 18.17.Р12).

Укажем примерный вес измерительного датчика в зависимости от его диаметра.

$D = 6$ мм – вес 3,5 кг;	$D = 200$ мм – вес 40 кг;	$D = 1000$ мм – вес 700 кг;
$D = 25$ мм – вес 5 кг;	$D = 400$ мм – вес 125 кг;	$D = 1200$ мм – вес 1250 кг;
$D = 50$ мм – вес 8,5 кг;	$D = 500$ мм – вес 200 кг;	$D = 2000$ мм – вес 4060 кг.
$D = 80$ мм – вес 12 кг;	$D = 600$ мм – вес 300 кг;	
$D = 100$ мм – вес 16 кг;	$D = 800$ мм – вес 475 кг;	

Эти данные веса следует учитывать при расположении расходомера на коммуникациях.

Измерительный преобразователь производит цифровую обработку сигнала, позволяет конфигурировать с использованием меню и клавиатуры индикацию скорости в единицах расхода и количества прошедшего вещества, направление потока (прямой или обратный), выходы в промышленную сеть и др.

Устанавливать измерительный датчик лучше всего на вертикальном или наклонном трубопроводе (поток снизу вверх), чтобы исключить влияние пузырьков газа и уменьшить влияние отложений твердых веществ и износ электродов.

Расходомер требует хорошо сформированного профиля потока. Различные источники указывают на прямые участки входных и выходных трубопроводов.

Рекомендуем для определения прямых участков в зависимости от местных сопротивлений использовать данные выбора участков для расходомера с сужающим устройством (18.17А1.3).

Следует обратить внимание на то, что электрический потенциал жидкости всегда должен быть равен потенциалу измерительного датчика.

Это обеспечивается заказом:

- специальных колец заземления из графита;
- перемычки заземления между датчиком и соседними элементами трубопровода.

Измерительный преобразователь электромагнитного расходомера может быть компактно установлен на клеммной колодке измерительного датчика или вынесен для монтажа на стене или щите при раздельной версии расходомера.

В последнем случае между клеммной коробкой и измерительным преобразователем проектируется прокладка двух кабелей — кабеля питания электромагнитов и кабеля измерительного (сенсорного электрода).

Кабели закупаются по спецзаказу одновременно с раздельной версией расходомера либо выбираются по следующим данным, несколько отличающимся для расходомеров различных производителей. Кабель питания предназначен для возбуждения электромагнитов (постоянный ток: напряжение 12 В, мощность около 15 Вт, ток номинальный 400 мА, ток импульсный при продолжительности импульса до 250 мс — 4А; переменный ток: 24 В, 6 ВА, 250 мА, 8 А при 30 мс). Частота следования импульсов зависит от диаметра измерительного датчика, при этом, чем меньше d_u датчика, тем выше частота от 1,25 Гц до 12,5 Гц.

Кабель питания с медными жилами $3 \times 1,5$ мм² в общем экране.

Кабель измерительный может иметь длину до 300 м (в некоторых модификациях до 500 м): кабель с медными жилами $3 \times 1,5$ мм² с экранированием каждой жилы и общим экраном.

Измерительный преобразователь для компактной версии или установки в производственных условиях имеет исполнение IP67/NEMA4х, для установки на щите — исполнение IP20.

Некоторые модификации электромагнитных расходомеров позволяют работу с барьерами искробезопасности с допуском EExia/ib II В или с допуском EEx e ia II С АTEX и использованием кабелей определенных характеристик по емкости и индуктивности.

18.17В10. РАСХОДОМЕР АКУСТИЧЕСКИЙ (УЛЬТРАЗВУКОВОЙ)

Акустический расходомер — прибор, измеряющий расход с использованием некоторого эффекта сопровождающего акустические колебания при их проходе через поток вещества. Акустические колебания, как правило, имеют ультразвуковой диапазон частот.

Поэтому акустический расходомер называют ультразвуковым расходомером. Акустические эффекты, возникающие при прохождении ультразвуковых колебаний через поток жидкости или газа, связаны со скоростью потока, и таким образом с объемным расходом вещества. Применяются ультразвуковые расходомеры для измерения расхода различных жидкостей:

- неэлектропроводных;
- агрессивных;
- нефтепродуктов;
- жидкостей под большим давлением.

Для измерения расхода газа они не применяются ввиду малого акустического сопротивления газа и сложности получения звуковых колебаний достаточной для измерения интенсивности. Для ввода акустических колебаний в поток и для приема их при выходе из потока служат излучатели и приемники ультразвуковых колебаний. С этой целью используются некоторые кристаллы – пьезоэлементы.

При растяжении или сжатии в определенном направлении пьезоэлемента на его поверхности образуются электрические заряды.

При этом, если к поверхностям приложить электрическую разность потенциалов, то пьезоэлемент растянется или сожмется.

Первое действие пьезоэлемента используется приемником колебаний, а второе – излучателем. Излучатели и приемники представляют собой круглые диски диаметром менее 10–20 мм.

Ультразвуковые расходомеры могут использовать следующие эффекты акустики:

– разность времени прохождения акустических колебаний по потоку и против него;

– степень отклонения акустических колебаний от первоначального перпендикулярного к потоку направления;

– использование явления Доплера при разности частот, возникающей при отражении акустических колебаний неоднородностями скоростного потока.

Расходомеры со сносом колебаний в промышленной практике не применяются, так как они менее чувствительны.

Доплеровский расходомер применим для измерения местных скоростей, которые отличаются от средней скорости потока. Доплеровский расходомер имеет наименьшую точность по сравнению с другими ультразвуковыми расходомерами (более 2–3 %). Однако они применимы для измерения расхода гидросмесей, пульп, суспензий, эмульсий, пенящихся или вспениваемых искусственно жидкостей и т. п.

Расходомер с определением разности времен для измерения скорости потока в фиксированном сечении трубопровода реализует акустический эффект следующим образом.

Ультразвуковой сигнал излучается одновременно в двух направлениях от одного датчика к другому. Поскольку скорость распространения звуковой волны против потока всегда меньше, чем скорость в направлении потока, возникает пропорциональная скорости потока разность времени распространения сигнала. На основании этой разности электронный блок прибора вычисляет скорость и объемный расход жидкости.

При нулевом расходе оба сенсора принимают ультразвуковую волну в один момент времени, т. е. время распространения не применяется.

Когда же среда находится в движении, ультразвуковые волны достигают обоих сенсоров в разное время. Эта измеряемая «разность времени распространения» прямо пропорциональна скорости потока и, соответственно, объемному расходу.

Различаются три способа измерения разности времен:

– фазовый;

– времяимпульсный;

– частотный.

При фазовом способе измеряется разность фазовых сдвигов акустических колебаний, которые направляются по и против потока.

При времяимпульсном способе непосредственно измеряется разность времени прохождения коротких импульсов по и против потока.

При частотном способе измеряется разность частот повторения коротких импульсов акустических колебаний по и против потока.

В большинстве расходомеров плоскости излучающих и приемных пьезоэлементов расположены под углом к оси трубопровода. По числу акустических каналов ультразвуковые расходомеры подразделяются на одноканальные/однолучевые, двухканальные/двухлучевые и многоканальные/многолучевые.

В одноканальном расходомере два элемента поочередно выполняют функции излучения и приема. В двухканальном имеется два излучателя и два приемника, образующих два независимых канала, которые располагаются либо параллельно, либо перекрещиваются между собой.

Многоканальный расходомер имеет несколько (более двух) каналов измерения расхода, чем достигается повышенная точность.

Применение неодноканальных расходомеров связано с тем, что на их погрешность большое влияние оказывает профиль скоростей потока.

Электроакустические расходомеры имеют два принципиально различных вида исполнения измерительного датчика.

Датчик может быть врезным или накладным. У некоторых производителей имеется также датчик вставного вида. Врезной датчик представляет из себя патрубков с фланцами. В патрубке установлены пьезоэлементы акустических колебаний. На патрубке установлен либо измерительный преобразователь, либо клеммная коробка для подключения коаксиальных кабелей.

Измерительный патрубок монтируется на врезном участке трубопровода. Диаметр патрубка выбирается по 18.17.P12.

Накладной датчик – бандаж из двух или более сегментов (4,6,8) в зависимости от диаметра трубопровода с измеряемой жидкостью с уплотнительным материалом и болтов для соединения сегментов. В бандаж встроены держатели электроакустических преобразователей (для одно-, двух- или многоканальных расходомеров).

Накладной датчик монтируется на участке трубопровода путем установки и соединения между собой сегментов бандажа. Бандаж поставляется по опросному листу или анкете.

Вставной датчик – два электроакустических преобразователя, каждый из которых помещен в специальный цилиндрический элемент длиной до 230 мм со стеклом в торце и крепежными элементами на трубопроводе. Элемент устанавливается в стенке металлического и иного трубопровода толщиной до 20 мм или в стенке бетонной трубы толщиной до 200 мм.

Элемент устанавливается через отверстие в стенке трубопровода и направлен строго навстречу подобному элементу электроакустического канала (тренда). В цилиндрический элемент вставляется электроакустический преобразователь (излучатель/приемник) и прижимается пружиной к торцевому стеклу. Подобный вид требует индивидуальной градуировки расходомера.

Проектировщику АСУТП следует уделить внимание прямым участкам и местным сопротивлениям до и после места предполагаемой установки расходомера.

Рекомендуется применять прямые участки от местного сопротивления до электромагнитного расходомера по параметрам для сужающего устройства, имеющего

$$\beta = \frac{d}{D} = 0,5 \div 0,6 \text{ (рисунок 18.17.P2).}$$

Расходомер устанавливается в полностью заполненном жидкостью трубопроводе (в нижней части горизонтальной системы или на вертикальном трубопроводе с нижней подачей жидкости). Измерительный датчик устанавливается таким образом, чтобы электроакустические преобразователи были расположены горизонтально с целью уменьшения влияния механических примесей и осадка.

Измерительный датчик и измерительный преобразователь могут иметь компактное исполнение или раздельное исполнение. При компактном исполнении датчик и преобразователь составляют единое целое, а при раздельном – измерительный преобразователь может быть удален от датчика.

Расстояние удаления зависит от выбранного экранированного коаксиального кабеля сопротивлением 75 Ом. Каждый пьезоэлемент соединяется с измерительным преобразователем коаксиальным кабелем. Таким образом, на один канал необходимо применить два кабельных канала.

Измерительный преобразователь предназначен для конфигурации излучаемых сигналов, приема измерительных сигналов от датчиков, их цифровой обработки с многочисленными возможностями, функциональный выход, для установки параметров расходомера с помощью клавиатуры и для индикации ряда параметров расходомера: объемный расход, скорость звука (опция), общий объем, общая масса (опция), уставки, ошибки.

Основные технические данные электромагнитного расходомера следующие.

Расход жидкости в диапазоне от 0 до 65000 м³/ч при скоростях от 0 до 15 м/с, диаметре измерительной трубы от 15 до 2000 мм (для вставного вида – до 4000 мм).

Жидкость может быть любой, электропроводящей или неэлектропроводной, иметь до 2 % механических примесей и до 2 % воздуха или газа, вязкостью до 350 сСт (по некоторым источникам информации).

Давление жидкости для врезки и вставных видов до 160 бар, температура измеряемой среды от –20 до +200 °С.

Вес электроакустического датчика зависит от диаметра трубопровода – от 14 кг для DN50 до 1000 кг для D1000.

Длина датчика между фланцами составляет 18–1350 мм в зависимости от давления и диаметра DN.

Исполнение датчика и преобразователя IP67 по взрывозащите EEx d II C T3.

Погрешность по видам расходомеров:

- врезной – от 0,5 ÷ 1 % (для числа Re от 1000 до 5000 – 1,5 %);
- накладной – 0,5 ÷ 1,5 %;
- вставной – 0,5 ÷ 1,5 %.

18.17E22. ПАРЦИАЛЬНЫЙ РАСХОДОМЕР

Парциальный расходомер – расходомер, который измеряет небольшой поток, ответвляемый от основного потока измеряемой среды.

Парциальный (от *лат. pars* – часть) – частичный или отдельный.

Парциальный расходомер применяется в основном при измерении расхода вещества в трубопроводе большого диаметра с целью снижения стоимости измерительного преобразователя в обводной трубе меньшего диаметра при допустимой повышенной погрешности результата измерения.

Известны четыре способа ответвления потока:

- в основном трубопроводе устанавливается съемная диафрагма или местное сопротивление другого типа (заслонка, кран и т. д.);
- обводная труба устанавливается в основной трубопровод таким образом, что ее входное отверстие направлено навстречу потоку, а заднее – по потоку;
- обводная труба установлена на местном сопротивлении в виде колена;
- парциальная труба сбрасывает поток не в основную трубу, а в открытую емкость.

Парциальный поток загрязненной среды отделен подвижными мембранами в обводной линии от вспомогательного вещества, расход которого измеряется на сужающем устройстве, установленном в отделенном мембранами участке обводной трубы.

Парциальные расходомеры имеют в качестве измерительного расходомера различные виды расходомеров (схема 18.17E22):

- с переменным перепадом давления;
- обтекания;
- тепловой;
- ультразвуковой;
- меточный.

Также возможно использование расходомеров иного вида, но следует иметь в виду, что многие из них создают большой перепад давления в измерительном трубопроводе, что часто недопустимо (кориолисов и вихревой расходомер и др.).

При использовании различных способов организации парциального потока функциональная связь основного и частичного (отведенного) потоков прямо пропорциональна при использовании градуировочного коэффициента, который в каждом конкретном случае определяется экспериментально. Точность определения градуировочного коэффициента сильно влияет на погрешность измерения основного и всего потока вещества.

Парциальный расходомер по принципу действия предопределяет повышенную погрешность измерения расхода по отношению к погрешности измерения расхода в обводной трубе (т. е. расходомера другого вида из указанных выше).

18.17E23. РАСХОДОМЕР СЫПУЧИХ

Универсальное средство для измерения расхода и количества сыпучих материалов, перемещаемых по трубопроводу или открытым способом по поверхности ограниченной ширины, называем **расходомером сыпучих**. Сыпучие вещества относятся к твердым веществам, способным под силой тяжести или под принудительным воздействием перемещаться в пространстве. Сыпучие материалы отличаются от штучных материалов, в том числе значительным количеством отдельных частиц, которые сложно или невозможно подсчитать.

Сыпучие вещества разделяются по большому числу различных параметров, которые определяют свойство материала:

- размер единицы;
- процентное содержание гранул различных размеров в объеме материала;
- форма единиц материала;
- шероховатость;

- объемный вес;
- гигроскопичность;
- влажность;
- способность к налипанию, слипанию и слеживанию;
- текучесть материала;
- абразивность;
- теплоемкость;
- теплопроводность;
- электропроводность и др.

Все указанные параметры определяются технологическим процессом. Технологический процесс также определяет расход материала в единицу времени в конкретной точке измерения.

В проектной практике таким инструментальным средством обычно является дозатор или весы, выбирается проектировщиком технологической части проекта с учетом ряда факторов:

- технологический материал с перечисленными выше параметрами;
- производительность расходомера;
- конструкция расходомера, позволяющая конструктивно установить (вставить) его в технологическую линию (по высоте пересыпки или способу горизонтального/наклонного перемещения);
- надежность работы расходомера в конкретных условиях;
- стоимость расходомера.

Расходомеры сыпучих построены на использовании различных методов, которые могут быть прерывистыми или непрерывными. К расходомерам прерывистого действия относятся различного вида ковшевые расходомеры.

Ковшевые расходомеры имеют разновидности:

- с опрокидывающимся ковшом;
- с вращающимся ковшом;
- с открывающимся дном;
- с опорожнением ковша (емкости) с помощью воздуха (пневмонасос или насос Церра).

В ковшевых расходомерах, как правило, материал загружается в ковш (емкость). Цикл загрузки продолжается:

- по времени загрузки;
- до определенного уровня;
- до определенного веса.

Завершение загрузки достигается перекрытием подачи материала механическим устройством.

Затем следует цикл взвешивания, завершающийся циклом опорожнения ковша (емкости) по виду расходомера.

Цикл взвешивания определяет наличие весоизмерительного устройства и отношение расходомера к весовым расходомерам. При отсутствии весового устройства и цикла взвешивания расходомер относится к объемным расходомерам.

Ковшовый весовой расходомер помимо измерения веса (массы) материала в ковше (емкости) требует ряда операций дискретного действия, которые зависят от конструктивного исполнения расходомера.

Наиболее часто применяются расходомеры непрерывного действия – ленточные.

Ленточные весы имеют несколько разновидностей:

- конвейерные весы (на транспортной ленте);
- ленточные расходомеры.

Конвейерные весы устанавливаются на транспортной ленте ленточного конвейера.

Ленточный расходомер представляет собой специализированное механическое измерительное устройство, которое в технологической линии также выполняет роль транспортирующего механизма. Кроме рассмотренных расходомеров, которые используют весовой метод измерения расхода, встречаются расходомеры динамически-весового метода измерения. Обычно это расходомеры лоткового типа, наиболее часто используемые в зернохранилищах.

Все рассмотренные расходомеры, кроме конвейерных весов, предназначены для измерения веса легко сыпучих веществ, к которым можно отнести вещества:

- мелкокусковые (размером 10–60 мм);
 - зернистые (размером 0,5–10 мм);
 - порошкообразные (размером 0,05–0,5 мм);
 - пылевидные (размером менее 0,05),
- а также их смеси в различных соотношениях.

Следует отметить, что некоторые пылевидные и порошкообразные вещества, их наличие в смеси, обладают отличной текучестью, что обычно требует дополнительных запорных устройств на пути поступления (и опорожнения) материала на расходомер с соответствующим управлением и контролем их положения.

Ранее отмечены объемные расходомеры ковшевого типа.

На практике широко распространены методы объемного непрерывного дозирования в виде разнообразных дозаторов и питателей. Расход вещества в них определяется скоростью перемещения материала или положением механического органа, который устанавливает сечение отверстия (любой формы и вида) для прохода через него материала в единицу времени.

Укажем некоторые дозаторы или питатели объемного вида:

- ковшевой;
- ленточный;
- скрепковый;
- цепной;
- тарельчатый;
- лопастной;
- барабанный;
- шнековый.

Многие из перечисленных видов оснащены устройствами для изменения производительности аппаратов с включением устройств в систему управления.

Некоторые свойства сыпучих материалов (угловатость, шероховатость, способность к налипанию, слеживанию и др.) требуют дополнительных механических и измерительных устройств. К механическим устройствам относятся, например, вибраторы, механические очистители. К измерительным – датчики проскальзывания ленты, наличия материала на транспортере, забивки течки (рукава) и др.

Расходомеры сыпучих, устанавливаемые в поточно-транспортных системах, выбираются и проектно привязываются в технологической части проекта.

Проектировщики АСУТП по материалам поставщиков оборудования определяют параметры измерения, контроля и управления расходомерами. По заданию технологов включают в проект АСУТП управление, контроль и другие дополнительные механизмы и устройства. Знание наличия дополнительных устройств/механизмов, необходимых для нормального функционирования расходомера, позволит, во-первых, определить объем автоматизации объекта, во-вторых, стоимость проектирования и материальные затраты на приобретение и монтаж элементов автоматизации расходомера.

18.17И. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Измерительный преобразователь является неотъемлемой частью некоторых расходомеров. Об этом указывается в соответствующих разделах главы.

Измерительный преобразователь строится на базе микропроцессора.

Измерительный преобразователь расходомера также называют поточным контроллером (микроконтроллером).

Измерительный преобразователь обрабатывает поступающие от соответствующих измерительных датчиков сигналы, обеспечивает функцию блока питания датчика, формирует выходные сигналы в соответствии с алгоритмом действия расходомера конкретного вида.

Измерительный преобразователь может изготавливаться в общем случае в следующих комбинациях.

Комбинация	Версия преобразователя		Взрывозащита Ех
	Компактная	Раздельная	
1	+	–	–
2	+	–	+
3	–	+	–
4	–	+	+

Компактная версия измерительного преобразователя предполагает его установку непосредственно на измерительном датчике, а раздельная версия – установку на определенном (до десятков метров) расстоянии от датчика.

Каждая версия может быть выполнена в общепромышленном исполнении и во взрывозащищенном исполнении.

При раздельной версии установки преобразователь с дисплеем или без него с климат-защитой IP67 (IP68) устанавливается на стене.

Преобразователь с модулем индикации и клавиатурой в климатическом исполнении IP65 (66) или IP20 устанавливается либо на стену, либо во фронтальную панель щита, либо на заднюю стенку щита.

Для справок предлагаем обобщенную блок-схему измерительного преобразователя (18.17.Сх1). Преобразователь состоит из:

- блока преобразователя, который специфичен для каждого вида расходомера;
- модуля индикации и клавиатуры;
- модуля заводских и потребительских установок;
- модуля дополнительного.

Блок преобразователя включает в себя блок питания ($\sim 115\text{--}230\text{ В}$, $\sim 11\text{--}24\text{ В}$, $= 11\text{--}30\text{ В}$), блок питания датчика и обработки сигнала, клеммных сигналов выхода и входа к/от измерительного датчика, модуль выхода и входа сигналов в систему контроля и управления.

Блок преобразования по внутрисистемной шине И (условное обозначение на блок-схеме) подключается к модулю индикации и клавиатуры.

К блоку преобразования по шине У подключается блок заводских и потребительских установок. В последнем хранятся данные и параметры калибровки расходомера на заводе (предприятии) изготовителя, а также конкретные данные пользователя, которые вводятся в период пуска наладочных работ на расходомере.

На шину И может подключаться дополнительный модуль из набора, который соответствует одной из полевых сетей: HART, MODBUS RTU/RS485, PROFIBUS PA, PROFIBUS DP, CAN open, Device Net.

Однако не каждый производитель расходомера может предложить полный набор дополнительных модулей сети.

Соединение измерительного преобразователя и датчика при отдельной версии изложено в разделах для соответствующих расходомеров.

18.17К. КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Чтобы результаты измерения расхода среды соответствовали требованиям «задания на проектирование АСУТП» необходимо:

- правильно **выбрать** расходомер с учетом возможно большого числа влияющих факторов на его характеристики;
- правильно **установить** расходомер в технологической системе (в большинстве промышленных измерений расхода – в трубопроводе);
- обеспечить расходомер необходимым **вспомогательным оборудованием** (газоотделитель, влагоотделитель, струевыпрямитель, запорная арматура, фильтр, регулятор давления и др.);
- обеспечить удобное **обслуживание** расходомера (подходы, площадка обслуживания, грузоподъемный механизм и т. п.);
- обеспечить возможность **проведения поверки** в соответствии с метрологическими нормами, особенно для коммерческого учета.

Расходомер, установленный на потоке в конкретных условиях среды и трубопроводной системы, поверяется посредством сравнения жидкости, измеренной расходомером, с фактическим объемом (определенной точности), который измерен стандартной мерой вместимости, контрольно-поверочным устройством. Это устройство по заимствованной терминологии называют **прувер**.

Известны три типа прuverа:

- объемный мерник;
- трубопоршневой прuver;
- мастер-счетчик.

Размер и тип поверяемого расходомера определяют вид пружера.

Мерник может быть стационарным или передвижным, который периодически доставляют к месту поверки.

Образцовый мерник — несложное и недорогое контрольно-поверочное устройство.

Трубный пружер может быть обычным или компактным, стационарным или передвижным.

Обычный пружер имеет две разновидности:

— однонаправленный (в настоящее время в эксплуатации не используется);

— двунаправленный с переключающим четырехходовым краном.

Обычно пружер — тяжелая установка с большой занимаемой площадью и с большим весом, применяется в основном на стационарных установках крупных нефтеперерабатывающих заводов и нефтедобывающих предприятий.

Компактный пружер — как правило, передвижное компактное контрольно-поверочное устройство с коротким измерительным цилиндром и внутренним поршнем и клапаном.

Компакт-пружер выпускает малое число предприятий, стоимость каждого из них достаточно высока.

Однако для повышения метрологических характеристик расходомера необходимо поверять как мерник объемный, так и пружер. Последнее осуществляется с применением мастер-счетчика. Как правило, мастер-счетчиком является объемный камерный расходомер; в последнее время в качестве мастер-счетчика используется кориолисов расходомер.

В отдельных случаях для поверки расходомера используется не мерник и не пружер, а мастер-счетчик, откалиброванный пружером и не находящийся в производственном непрерывном потоке измеряемой жидкости. Стоимость подобной поверки расходомера находится в области, ограниченной объемным мерником и пружером.

Использование одного из видов пружера (с их собственной поверкой) зависит от типа расходомера, его диаметра, количества расходомеров на объекте управления и частоты их поверки.

При этом каждая измерительная линия, в которой устанавливается средство автоматизации для коммерческого учета продукта, должна иметь вспомогательные устройства, позволяющие производить поверку расходомера в потоке измеряемого продукта.

На участке после расходомера проектируется установка плотнозапорной арматуры с контролем протечки. До и после этой арматуры следует предусмотреть отводы с запорными органами и соединительными элементами для подключения стационарного или передвижного контрольно-поверочного устройства (пружера) или мастер-счетчика. На измерительной линии необходимо предусмотреть измерение температуры и изменения расхода по метрологической программе поверки и калибровки расходомера.

Примерная схема подключения пружера приведена на 18.17.Р14.

18.17П. ПРОЧИЕ РАСХОДОМЕРЫ

В предыдущих разделах рассмотрены расходомеры, которые согласно предложенной квалификации относятся к группам А (А1–А4), Б (Б6, Б7), В (В8–В10), Е22 и Е23 (схема 18.17П).

Не рассмотрены расходомеры групп Г (расходомеры с использованием особых методов), Д (расходомеры для некоторых специфичных потоков) и некоторые расходомеры группы В (оптический, ядерно-магнитный и ионизационный).

Указанные расходомеры не имеют сертифицированного общепромышленного применения. Они используются при проведении научных исследований, при осуществлении лабораторных работ, в новых разработках, в некоторых производствах в виде экспериментальных средств измерения на специфичных средах (пульпы, суспензии, газожидкостные смеси, электролиты и др.).

Поэтому в объеме излагаемого в пособии материала данные группы расходомеров не рассматриваются.

18.17Л. ВЫВОДЫ

В предыдущих разделах изложены основные принципы работы, диапазоны некоторых параметров расходомеров, которые применяются при проектировании АСУТП.

Для проектировщика важно определить вид расходомера, исходя из особенностей измеряемой среды.

Применение основных видов расходомеров в конкретных условиях измеряемой среды отражено в таблице 18.17.Т12. Безусловно, предыдущий опыт использования датчиков расхода на подобных измеряемых средах самими проектировщиками в ранее выполненных проектах, также опыт работы расходомеров на аналогичных технологических объектах, применяются в качестве базовой отправной точки при выборе расходомера.

Далее в таблице 18.17.Т13 указаны более подробные, но все-таки общие данные по каждому виду расходомеров.

Для заказа расходомера необходимо заполнить опросный лист по таблице 18.17.Т11.

Окончательные технические данные следует получить у производителя расходомера, в правах которого имеется возможность постоянного совершенствования, улучшения и изменения выпускаемого изделия.

При выборе расходомера следует выявить необходимость прямых участков до и после датчика, расположение датчика на трубопроводе, габариты и вес измерительного датчика, климатические и воздействующие внешние факторы, возможность выноса измерительного преобразователя на расстояние от датчика.

Расходомеры, имеющие средний и большой диаметр измерительного датчика, на наш взгляд, следует расположить на горизонтальном участке трубопровода, так как обеспечить выемку датчика для чистки, ревизии и ремонта, чистки прямых участков до и после расходомера – на вертикальном участке трубопровода достаточно сложно.

Перечисленные данные служат для компоновки расположения датчика и преобразователя, для согласования со смежниками местных сопротивлений и прямых участков труб с малой шероховатостью, допустимой потери давления на измерительном датчике, для определения необходимости площадки обслуживания и ремонтно-монтажных подъемных механизмов. Качественное, но без излишеств решение на проектных стадиях отмеченных требований позволит повысить точность измерения расхода измеряемой среды в необходимом диапазоне его изменения, обеспечить проведение монтажных и ремонтно-эксплуатационных работ.

18.18. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УРОВНЯ

18.18.1. Общие замечания

Уровнемер в АСУТП – средство автоматизации, предназначенное для определения границы высоты жидкости или сыпучего вещества в емкости, а также сыпучего вещества, насыпанного на горизонтальной или наклонной плоскости в определенной точке поверхности.

Уровень – это не физическая величина измерения. Уровень является технической величиной, которая измеряется размером высоты жидкого или сыпучего вещества над днищем или опорной поверхностью или над/под заданной горизонтальной плоскостью.

Уровень измеряется в единицах длины, как правило, в метрах или в миллиметрах.

Уровнемер как средство измерения тем или иным способом измеряет расстояние от горизонтальной плоскости поверхности жидкости или горизонтальной плоскости, касающейся верхних частиц сыпучего материала до горизонтальной плоскости дна или иной горизонтальной плоскости, принятой за условное днище, за плоскость отсчета уровня.

Известно большое число разновидностей уровнемеров российского, зарубежного и совместного производства. Обращаем внимание на то, что наименование однотипных уровнемеров различных производителей часто различны. Это можно объяснить следующим:

- зарубежные фирмы по-разному трактуют название своей продукции, возможно ориентируясь на внутригосударственные или корпоративные нормативы;
- перевод иностранных терминов на русский язык осуществляется различными переводчиками и специалистами по приборостроению;
- отсутствует общероссийская терминология по уровнеметрии.

В качестве примера приведем наименование однотипного уровнемера (без указания производителей):

- магнитоотрицательный уровнемер для монтажа на выносной камере;
- датчик уровня ультразвуковой;
- магнитно-поплавковый.

Первые два наименования не упоминают о поплавке, который идентифицирует положение уровня жидкости и имеет непосредственный контакт с измеряемой рабочей средой и тем самым определяет способ измерения уровня.

Третье наименование может неправильно сориентировать на уровнемер, который имеет либо магнитные флажки, либо магнитный указатель, но не магнитоотрицательный метод передачи информации от чувствительного элемента к приемным измерительным элементам уровнемера.

18.18.2. Классификация уровнемеров

В пособии сделана попытка классификации уровнемеров по способу измерения и методу использования данных чувствительного элемента в измерительном датчике уровнемера.

Такая классификация определенным образом четко ориентирует проектировщиков и других специалистов, участвующих в проектировании АСУТП, в частности в выборе средств контроля и измерения уровня.

Естественно, что **при заказе конкретно выбранного уровнемера в спецификации необходимо указывать наименование, принятое производителем уровнемера.**

Во-первых, классификация разделяет все технические средства уровнеметрии на средства контактного измерения и на средства бесконтактного измерения уровня.

При контактном способе измерения чувствительный элемент непосредственно фактически соприкасается с материалом измеряемой жидкости или сыпучего вещества.

При бесконтактном способе на чувствительный элемент оказывают влияние свойства пространства между измеряемым веществом и чувствительным элементом. Эти свойства также необходимо учитывать при выборе уровнемера (агрессивность паров жидкости, их взрывоопасность, электропроводность, температуру, давление, включение механических и липких частиц и др.).

Измерения или контроль уровня осуществляется, как отмечено в разделе 18.10, либо в аппарате, либо в транспортной коммуникации. При этом как аппарат, так и транспортная коммуникация могут работать при атмосферном (барометрическом) давлении, а также при избыточном давлении или вакууме.

Избыточное давление, вакуум предъявляют особые требования к материалу и конструкции уровнемера и его установке на оборудовании.

Выбор измерительного датчика уровня предполагает знание ряда параметров аппарата или транспортной коммуникации, которые приведены в разделе 18.10.

Датчики уровня могут иметь различные элементы, которые либо непосредственно контактируют с измеряемым веществом, либо находятся в парогазовой атмосфере, окружающей или выделяемой измеряемым веществом, производители уровнемеров в техдокументации по-разному определяют наименование подобных элементов. Конструктивные особенности элементов датчиков учитывают функциональные требования к датчикам.

В пособиях используются следующие термины элементов, которые подвержены влиянию измеряемой среды.

- Антенна** – (лат. – мачта) – 1. Приспособление для передачи и улавливания радиоволн;
2. Орган осязания и обоняния (усик) у некоторых живых существ.

Бук (буй) – (голл.) – закрепленный плавучий знак (поплавок) для обозначения мели, опасных мест и т. д.

- Зонд** – 1. Медицинский инструмент в виде трубочки для введения в полые органы или раны с диагностической или лечебной целью;
2. Металлический бур для исследования подпочвы.

Зондаж – осторожное выяснение, разведка, прощупывание.

Зондировать – исследовать при помощи зонда; разузнавать.

Коаксиал – соосное – два (или более) протяженных твердых тела, находящихся один внутри другого, имеющих соосность.

Отвес – вертикальное протяженное тело малого сечения, например, проволока, трос, нить, лента и т. п.

Поплавок – твердое тело различной формы, имеющее меньшую плотность чем жидкость, на которой или в которой поплавок помещен, таким образом поплавок плавает на определенном уровне жидкости.

Пластина – плоский объем твердого вещества.

Стержень – твердый, протяженный элемент (тело) с малым поперечным сечением в виде круга, овала, квадрата, прямоугольника и др.

Трос – (tros) – пеньковый или проволочный канат толще 25 мм; к тросу относятся лента, нить, цепь.

Щуп – изделие в виде троса или стержня, перемещаемое в толще жидкости, сыпучих или полостях твердых веществ.

Электрод – 1. Проводник, которым заканчивается какой-либо участок электрической цепи.

2. Проводник в виде цилиндра, сетки или пластинки для создания электрического поля и воздействия на электрический ток.

В определенных конструкциях отдельные элементы функционально заменяют другие элементы. Все элементы сгруппированы в группы в таблице 18.18.Т1.

Группа элементов, объединенных общим наименованием «**антенна**», выполняют функции волновода, осуществляющего **передачу** в одну или в две стороны электромагнитных **волн**.

В группе «**зонд**» собраны элементы, которые, как правило, с использованием сервопривода **перемещаются** вверх/вниз с **целью нахождения** границы раздела сред (вещество/воздух, вещество с одной плотностью/вещество с другой плотностью, вещество/дно аппарата).

«**Отвес**» включает различного вида вертикальные элементы, способствующие **механическому перемещению** вдоль них или с их помощью других **элементов**, контактирующих с измеряемой средой.

В группу «**поплавок**» входят разного вида поплавок, т. е. элементы, которые под действием **равновесия сил** тяжести поплавок и подъемной силы измеряемого вещества «**плавают**» на определенном уровне самого вещества или уровне раздела фаз вещества.

«**Электрод**» представляет из себя элемент, который является одним из **полюсов электрической цепи**.

Рассматривая технические характеристики датчика уровня, следует определить группу элементов, в которую входит контактирующий элемент данного средства измерения. В общем случае измерение уровня осуществляется средствами, чувствительные элементы которых измеряют физические величины. Уровень определяют следующие величины:

- длина пути элемента измерения;
- время, которое затрагивается на прохождение пути измерения;
- давление (или вес) жидкости, обусловленное уровнем жидкости;
- количество теплоты, которое отбирается измеряемым веществом от датчика

уровня;

– показатели электрических параметров среды, которые зависят от уровня жидкости;

– разница сил сопротивления воздуха и измеряемого вещества, которая оказывается движущемуся элементу сенсора.

В таблице 18.18.Т2 приведена классификация уровнемеров с указанием способов измерения, вида контактирующего элемента, группы физической величины, обеспечивающей измерение уровня.

Далее в пособии приводятся основные особенности способов измерения уровня.

18.18.3. Некоторые особенности способов измерения уровня

Поплавковый способ с поворачивающимся поплавком. Поплавок закреплен на определенной высоте, достижение которой должен определить датчик-реле уровня. Пока уровень жидкости ниже заданного уровня, поплавок опущен вниз. При подъеме уровня жидкости поплавок поворачивается вокруг оси крепления и занимает горизонтальное положение. Дальнейший подъем уровня поворачивает поплавок вверх. Переключение коммутационного устройства настраивается в диапазоне нескольких градусов отклонения от горизонтального положения поплавка.

Существует датчик-реле с пневматическим переключателем или с отсечным клапаном, который открывает/закрывает поток жидкости или газа/пара в трубопроводе.

Коммутационные устройства у поворотных поплавков:

- бесконтактный выключатель индуктивного типа (раздел 18.13.6);
- контактный выключатель релейного типа на различное напряжение переменного и постоянного тока;
- жидкометаллический выключатель (ранее ртутный, в настоящее время – жидкий металлический сплав до минусовых температур 15–20 °С).

Технические данные сигнализаторов уровня с поворотным поплавком ограничивают его применение температурой и давлением измеряемой среды, ее плотностью.

Точность срабатывания невысока и зависит от настройки угла срабатывания, изменения плотности среды и ее вязкости, смазывающей способности и вспениваемости. К недостаткам датчика-реле относятся также зависимость от колебательных волн на поверхности жидкости, от размеров поплавка.

При замене поплавка пластиной датчик-реле может использоваться для контроля достижения уровня сыпучими материалами (зернистыми, мелкозернистыми, мелкокусковыми, пылевидными и т. п.). Такими веществами могут быть цемент, гипс, мука, зерно, мелкокусковый уголь и кокс, порошки различных веществ, щебень, песок и др. в силосах, баках и в рукавах или течках при их забивании материалом.

Недостаткам датчика-реле с поворотным поплавком противопоставляются их простота, прочность и небольшая стоимость.

Уровеньмер с поплавком на гибком отвесе. Этот вид уровнемеров известен давно и имеет большое число разновидностей.

Разновидности зависят от вида поплавка, вида отвеса и способа фиксации и отсчета перемещения гибкого отвеса.

Поплавок данного вида уровнемера постоянно плавает на поверхности жидкости, перемещается вверх/вниз на (проволочных) направляющих вместе с уровнем жидкости, постоянно соприкасается с жидкостью. Отсюда происходит ряд недостатков, присущих этому виду измерения.

Недостатки таковы:

- незначительное давление в емкости;
- значительное влияние вспениваемости и смазываемости жидкости;
- влияние плотности жидкости;
- влияние колебания, волнения жидкости;
- влияние налипания веществ на поплавки;
- влияние налипания на гибкий отвес;
- влияние налипания на проволочные направляющие.

Указанные недостатки ухудшают показания точности и повторяемости измерений уровнемера.

В то же время уровнемер с поплавком на гибком тросе прост по конструкции и имеет невысокую стоимость.

При проектировании установки уровнемера следует предусмотреть по размерам поплавок направляющие, закрепленные на дне емкости. Следует рассмотреть вопрос о конструировании специального люка на крышке/крыше емкости без давления, который поможет вручную поднимать и очищать поплавок и гибкий отвес от налипших веществ без опорожнения емкости от жидкости (не ядовитой, не агрессивной, безопасной для обслуживающего персонала).

Поплавковый уровнемер с сервоприводом. Это разновидность поплавкового уровнемера с поплавком на гибком тросе, но оснащенного сервоприводом.

Сервопривод – вспомогательный механизм, осуществляющий и регулирующий механическое перемещение поплавка.

Вместо поплавка на гибком тросе помещается зонд в виде буйка, щупа, пластины.

Зонд рассчитывается по весу таким образом, чтобы мог плавать на разделе жидких фаз по плотности и на поверхности жидкости при различных усилиях натяжения отвеса сервоприводом. Как правило, зонд периодически опускается из верхнего «га-ражного» положения до соприкосновения с верхним уровнем жидкости, что определяет уровень жидкости в емкости. Сервопривод удерживает зонд от дальнейшего погружения в жидкость. При необходимости измерения раздела фаз жидкости сервопривод «отпускает» зонд, который погружается до уровня раздела фаз. После проведения разового измерения уровня сервопривод возвращает зонд в верхнее положение. В разделе рассматриваются вопросы, связанные с взаимодействием измеряемой среды со средством измерения, в данном случае с зондом переменного или постоянного контакта со средой.

Все недостатки уровнемера с поплавком на гибком отвесе также можно отнести к уровнемеру с сервоприводом, но только в меньшем влиянии ввиду специфики периодически погружаемого зонда по отношению к постоянно плавающему поплавку.

Большим достоинством данного вида уровнемера является возможность измерения уровня раздела фаз жидкости. Кроме того, этот вид уровнемера вполне пригоден для зондирования и измерения уровня сыпучего материала в точке измерения.

Поплавковый уровнемер с магнитным указателем. Принцип действия уровнемера таков. В выносной камере располагается поплавок, внутри которого находится сильный магнит. Рядом с выносной камерой установлена вакууммированная стеклянная трубка с помещенным в нее легким цилиндром с магнитом. Под действием магнитного поля поплавок перемещается легкий цилиндр с магнитом и указателем уровня.

Рассчитав вес поплавка, можно измерять не уровень жидкости в выносной трубе (и емкости), а уровень раздела фаз. Необходима достаточная разность плотностей двух жидкостей в пределах более $0,03 \text{ кг/м}^3$.

При рассмотрении технических данных такого уровнемера необходимо обратить внимание на диапазон измерения уровня (стеклянная трубка имеет ограничения по длине, также ограничена по длине выносная камера), на допустимую температуру (температура влияет на свойства постоянных магнитов), на материал выносной трубы, в которой перемещается измеряемая жидкость.

Недостаток уровнемера с магнитным указателем — наличие поплавка, подверженного налипанию веществ на него. Влияние изменения плотности и волнения поверхности мало сказывается на уровнемере. Также можно отнести к недостаткам наличие стеклянной трубки значительной протяженности с вакуумом и подвижным цилиндром внутри. Последнее требует точной вертикальной установки.

Данный уровнемер является местным индикатором уровня.

В случае установки параллельно выносной трубе уровнемера магнитострикционного, но без собственного поплавка, последний будет функционировать при взаимодействии с магнитом поплавка в выносной камере. Работа поплавкового магнитострикционного уровнемера изложена ниже.

Поплавковый уровнемер с магнитными флажками. Принцип действия такого уровнемера аналогичен таковому с магнитным указателем. Только вместо легкого цилиндра в стеклянную трубку помещается набор двухцветных флажков. На каждом флажке располагается магнит. При движении поплавка под действием магнитного поля поплавка флажки переворачиваются.

Местные показания уровня флажками весьма наглядны и видны издалека.

Также как в поплавковом уровнемере с магнитным указателем уровнемер с флажками может быть дополнен поплавковым магнитострикционным уровнемером с дистанционной передачей величины измеряемого уровня или уровня раздела фаз. Недостатки и достоинства уровнемера аналогичны таковым поплавкового уровнемера с магнитным указателем.

Поплавковый уровнемер с герконовыми релейными элементами. На направляющей вертикально установленной трубе установлен поплавок с магнитом.

Поплавок может быть рассчитан на измерение уровня жидкости и на измерение уровня раздела фаз. В последнем случае плотность поплавка равна среднеарифметическому значению плотностей контролируемых жидкостей. Магнит поплавок при перемещении уровня жидкости или раздела сред перемещается и воздействует на герконы, которые установлены внутри направляющей трубы на равном расстоянии друг от друга (как правило, на 5 мм). Герконы соединены резисторами и таким образом создают делитель напряжения. Измерение уровня имеет дискретность в 5 мм при общем диапазоне измерения — до 3,5 м. Герконы как элементы измерительной цепи обладают высокой виброустойчивостью, что дает положительное качество уровнемеру.

Поплавковый уровнемер магнитострикционный. По отвесу в виде стержня или троса, на который намотана токовая катушка, при изменении уровня жидкости или уровня раздела сред перемещается поплавок с магнитом. В токовой катушке создается импульс тока, в результате взаимодействия которого с магнитным полем поплавок в отвесе возникают и распространяются ультразвуковые импульсы.

В верхней части отвеса механические импульсы воспринимает пьезоэлемент. Микроконтроллер определяет время между подачей импульса тока и ответной реакцией пьезоэлемента, которое соответствует положению поплавка с магнитом на высотной отметке отвеса. В результате вычисляется уровень жидкости или раздела сред.

Точность определения уровня находится в пределах ± 1 мм.

Определение длины стержня или троса и высоты уровня продукта видно из рисунка 18.18.P1.

Поплавковый уровнемер функционирует при избыточном давлении до 25 кг/см^2 в различных средах с температурой до $120 \text{ }^\circ\text{C}$; диапазон измерения уровня – до $3,5 \text{ м}$, в новых разработках больше.

Рефлектометрический уровнемер с реакцией на диэлектрические свойства веществ. Рефлектометрический уровнемер называют по-разному:

- волноводный;
- радарный волноводный;
- с использованием направленного электромагнитного излучения;
- рефлектометрический с временным разрешением TDR.

Микроволновые радиоимпульсы малой мощности направляются сверху вниз по зонду. При достижении среды с другой диэлектрической проницаемостью из-за разности коэффициентов диэлектрической проницаемости (воздух/жидкость; воздух/сыпучие вещества; жидкость/жидкость с разницей коэффициентов проницаемости более 10) происходит отражение микроволнового сигнала в обратном направлении снизу вверх. Интервал времени между моментом передачи зондирующего импульса и моментом приема эхосигнала пропорционален расстоянию до уровня измеряемой среды или уровня, разделяющего две жидкости с различными коэффициентами диэлектрической проницаемости.

Уровнемер функционирует в резервуаре с избыточным давлением до 4 МПа и температурой измеряемой среды от -40 до $+150 \text{ }^\circ\text{C}$. Погрешность уровнемера в пределах $\pm 5 \text{ мм}$ для зонда длиной менее 5 м , $\pm 0,1 \%$ от измеряемого уровня для зонда длиной более 5 м ; диапазон измерений составляет $0,1–20 \text{ м}$ и зависит от типа зонда.

Зонды бывают различного типа:

- коаксиальный;
- двухстержневой жесткий;
- двухпроводной гибкий;
- одностержневой жесткий;
- однопроводный гибкий.

Коаксиальный зонд длиной до 6 м представляет из себя внутренний стержень диаметром 8 мм и наружную оболочку диаметром около 30 мм , применяется при измерении уровня чистых жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью, с вязкостью до 500 сП при наличии пены, турбулентности и потоков жидкости. Коаксиальный зонд не допустим к применению для кристаллизующихся или липких сред, для порошков и гранул.

Двухстержневой зонд длиной до 3 м и двухпроводный зонд длиной до 20 м используются для измерения уровня жидких сред и раздела жидких сред, которые имеют вязкость до 1500 сП , но не склонны к налипанию к элементам зонда.

Одностержневой зонд длиной до 3 м или однопроводный зонд длиной до 20 м применяется для вязких (до 8000 сП) жидкостей, взвесей, твердых частиц, гранул и порошков.

Измерение уровня раздела двух сред возможно если:

- известна и не меняется диэлектрическая проницаемость верхней среды, которая на 10 единиц меньше диэлектрической проницаемости нижней среды;
- максимальное значение диэлектрической проницаемости верхней среды более 10 при коаксиальном зонде или не более 5 при двухстержневом и двухпроводном зонде;
- толщина верхнего слоя более 0,2 м при гибком двухпроводном зонде или более 0,1 м при коаксиальном и двухстержневом жестком зонде.

Следует обратить внимание при проектировании установки уровнемера с различного типа зондами на расстояние от стенки или иного механического объекта в резервуаре, на диаметр патрубка, на котором размещается уровнемер, на крепление зонда к дну резервуара, на место поступления сыпучих материалов в бункер/резервуар.

Кондуктометрический или электропроводный уровнемер. Сигнализатор уровня использует электрическую проводимость жидкости.

При отсутствии жидкости между электродами сигнализатора протекает ток утечки, который недостаточен для срабатывания реле.

При погружении электродов в проводящую жидкость сопротивление между электродами уменьшается, электрический ток увеличивается, чем вызывает срабатывание выходного реле.

Данный сигнализатор может использоваться для определения раздела сред электропроводных и диэлектрических.

Кондуктометрический сигнализатор уровня имеет точность ± 4 мм, рабочую температуру до $+150$ °С и давление до 25 кПа.

Сигнализатор не имеет движущихся частей и не чувствителен к перемешиванию жидкости. Сигнализатор пригоден только для электропроводящих и неклеящих жидкостей.

Емкостный уровнемер. Уровнемер основан на определении изменения электрической емкости в зависимости от уровня жидкой или сыпучей среды в емкости. Стенка емкости и электрод образуют конденсатор. При отсутствии контакта с рабочей средой сигнальное реле отключено. Появление контакта рабочей среды с электродом изменяет емкостное сопротивление конденсатора и воздействует на показатели выходного сигнала. Точность контактного сигнализатора (длина электрода около 200 мм) – 2–3 мм, точность с удлиненным электродом составляет $\pm 0,1$ % от измеренного значения электрической емкости, которая может колебаться от 0 до 300 пФ.

Температура рабочей среды от -40 до 100 °С, диэлектрическая постоянная должна быть более 1,5.

Уровнемер может работать в различных средах (жидких и сыпучих).

Проектировщик АСУТП должен обратить внимание на стенки емкости – металлическая стенка емкости должна быть заземлена, неметаллическая стенка емкости требует установки дополнительного заземленного электрода.

Уровнемер на основе измерения электрического поля. В уровнемере данного вида два металлических электрода, один из которых может быть металлической стенкой емкости, генерируют переменное электрическое поле. Электрическое поле

деформируется при соприкосновении электродов с измеряемым веществом, что вызывает срабатывание сигнального реле.

Измеряемое вещество — это жидкость или сыпучее вещество с разными характеристиками электрической проводимости (проводник, диэлектрик) и смачиваемости (налипающее, клейкое, текучее). Температура рабочей среды от -20 до $+70$ °С, давление — до 25 кПа.

Вибрационный уровнемер. Сигнализатор вибрационного вида имеет резонатор камертонного (вилочного) типа, который совершает механические колебания частотой около 125 Гц. Материал рабочей среды (жидкость или сыпучее вещество) при достижении вилки уменьшает амплитуду колебания, «глушение» которых приводит к срабатыванию сигнального реле.

Материал может иметь удельный вес более 20 грамм на кубический дециметр (литр). Освобождение вилки от материала вновь возвращает его в обычное колеблющееся состояние.

Вибрационный уровнемер-сигнализатор — это самоочищающийся измерительный преобразователь. Его точность не превышает ± 10 мм. Измеряемый материал может иметь температуру от -25 до $+150$ °С и плотность не менее $0,6$ г/см³.

Сигнализатор не имеет движущихся частей (камертон колеблется, но не передвигается), нечувствителен к пене и внешней вибрации. Недостатком является возможность заклинивания камертона твердой частицей.

Уровнемер с вращающимся элементом. Уровнемер с вращающимся элементом выполняет функцию датчика-реле предельного, как правило, верхнего уровня жидких и сыпучих сред.

Вращающийся элемент, который контактирует с измеряемой средой, приводит в движение синхронным редукторным двигателем и установлен на необходимой высоте (уровне) для контроля наличия материала в конкретной точке.

В момент когда контролируемая среда достигает датчика-реле, она препятствует вращению элемента, тем самым замыкает контакт реле. Если измерительный элемент освобождается, то он снова начинает вращаться и реле возвращается в обычное положение.

Измерительный элемент может быть в виде лопасти или крыльчатки (пропеллера).

Вращение элемента в зависимости от глубины погружения и веса материала может меняться путем изменения геометрии элемента или изменения натяжения противодействующей пружины. Элемент работает в условиях диапазона температуры от -20 до $+80$ °С при давлении до 6 кПа.

При проектировании необходимо исключить возможность прямого попадания материала на вращающийся измерительный элемент. Простая и надежная конструкция, легкость установки на технологическом оборудовании, малая стоимость уровнемера — таковы его достоинства. Недостаток заключается в том, что измерительный элемент подвергается механическому воздействию среды и тем самым зависит от свойств среды (клейкость, налипание, величина гранул).

Термоанемометрический уровнемер. Сигнализатор уровня среды измеряет разность температуры двух датчиков. Один температурный датчик измеряет температуру среды. Второй датчик имеет более высокую температуру за счет его подогрева. При достижении средой датчика уровня температура нагретого датчика уменьшается.

Разность температур снижается и при заданном снижении срабатывает выходное реле. Сигнализатор надежно работает в сложных производственных условиях при наличии пены, налипаний и кипения, что изменяет запаздывание срабатывания.

Сигнализатор применим для обнаружения границы раздела разных сред: газ/жидкость, пена/жидкость, жидкость/жидкость, жидкость/твердые вещества, газ/сыпучие вещества.

Время реакции находится в пределах 1–2 с; рабочая температура от –40 до 150 °С; точность определения уровня до 3 мм.

Сигнализатор данного вида может использоваться в качестве сигнализатора потока вещества (газа или жидкости). Достоинства уровнемера: отсутствие движущихся частей, малое влияние механических включений, высокая и регулируемая чувствительность.

Ультразвуковой уровнемер. Уровнемер использует метод измерения времени прохождения ультразвукового сигнала от излучателя уровнемера до поверхности среды, уровень которой измеряется, и обратно от поверхности среды до приемника уровнемера.

Физико-химические свойства измеряемой среды не оказывают влияния на точность измерения уровня с использованием ультразвуковых волн.

Но влияние на скорость распространения ультразвука и на появление паразитных эхосигналов оказывает ряд факторов среды распространения сигнала:

- температура, с увеличением которой скорость ультразвука растет;
- давление, увеличение которого увеличивает скорость ультразвука;
- относительная влажность;
- паровые и газовые испарения;
- пыль;
- пена на поверхности среды измерения;
- близость стационарных и нестационарных конструкций внутри емкости со средой распространения.

Последнее влияние достаточно велико, так как ультразвук распространяется излучателем в виде конуса направленного на поверхность измерения уровня (рисунок 18.18.Р4). Конусность составляет около 12°. Поэтому, чем больше расстояние от излучателя до поверхности среды измерения, тем больше пятно излучения на поверхности и тем больше различных внутренних конструкций попадает в область прохождения конуса излучения. Конус создается излучением в 20–44 кГц.

Температура контролируемой среды и среды распространения сигнала от –40 до +80 °С. Точность измерения составляет до 0,25 % диапазона измерения от излучения до поверхности среды, который может достигать 15 м, а в некоторых модификациях – до 30 м. Минимальное расстояние от излучателя уровнемера до поверхности измерения не может быть меньше 0,3 для диапазона измерения до 15 м или 0,9 – до 30 м. Минимальный диаметр патрубка для установки измерительного преобразователя составляет 80 мм.

Недостатки уровнемера указаны выше. Достоинством уровнемера является независимость его работы от физико-химических параметров жидкости и крупности сыпучего материала менее 4 мм.

Радарный уровнемер. Данный вид уровнемера использует метод измерения прохождения сигнала туда и обратно между излучателем сигнала и его приемником.

Метод аналогичен методу действия ультразвукового уровнемера. Разница в применяемой частоте сигнала – от 5,8 до 26 ГГц и способе (технологии) подачи и измерения сигнала.

Радарные уровнемеры конструируются с использованием одной из двух технологий:

- с непрерывным частотно-модулированным излучением (FMCW – frequency modulated continuous wave);
- с импульсным излучением сигнала.

Технология FMCW построена на сравнении двух частот – посылаемой излучателем в данный момент и отраженной, получаемой приемником в тот же момент времени. Для этого излучатель непрерывно по линейному закону изменяет частоту сигнала от одной величины до другой. Вернется отраженный сигнал с посылаемой частотой через отрезок времени, пропорциональной расстоянию до поверхности среды. Принципиально решение является простым, но сложна реализация одновременной посылки и приема непрерывно модулированного сигнала, его анализ и устранение помех эхосигналу. Уровнемеры, использующие подобную технологию, имеют большие вычислительные мощности, которые реализуют сложные алгоритмы выделения и сравнения эхосигналов и сигналов излучения.

Технология с импульсным излучением сигнала и получением его эхосигнала непосредственно определяет разность времени их прохождения, что при малых временных значениях составляет определенную сложность и требует использования специальных методов обработки сигнала.

Радарные уровнемеры импульсного типа имеют некоторые преимущества перед уровнемерами с частотно-модулированным излучением:

- более простое разделение прямых и эхосигналов;
- более низкое энергопотребление, позволяющее осуществлять питание от измерительной цепи;
- меньшее число математических преобразований;
- меньшее число комплектующих элементов преобразователя.

Точность измерения уровня во многом зависит от состояния поверхности измеряемой среды и от состояния среды распространения сигнала. Измеряемая среда отражает поступающий сигнал с энергией, которая пропорциональна диэлектрической проницаемости среды. Неровная поверхность среды рассеивает отраженный сигнал и уменьшает энергию эхосигнала.

Чем выше частота сигнала, тем уже конус излучения и меньше площадь пятна излучения на измеряемой поверхности. Последнее увеличивает рассеивание сигнала от беспокойной поверхности с пеной и волнением.

Уровнемеры с использованием излучений более низкой частоты меньше зависят от состояния измеряемой поверхности.

Наличие турбулентных потоков паров и газов, пылевых и других механических частиц в среде распространения снижает точность и достоверность измерения уровня.

Состояние среды распространения сигнала, а также конденсат и механические отложения на поверхности антенны излучения ослабляют высокочастотный сигнал в большей степени, чем сигнал низкочастотный.

На получение эхосигнала влияют паразитные отражения от конструкций внутри емкости с измеряемой средой. Влияние можно уменьшить или исключить путем при-

менения направленных антенн различного типа или установкой уровнемера на специальной измерительной или байпасной трубе. Различают следующие типы антенн:

- стержневая;
- рупорная;
- трубчатая;
- параболическая;
- планарная.

Стержневая, или штыревая антенна – наиболее часто используемый вид антенны.

Стержневая антенна имеет различные диаметры от 50 мм до 100 мм при длине стержня 100 или 250 мм. Конструкция антенны образует направленный по оси антенны измерительный луч с большим углом излучения до 25°, что вызывает на измеряемой поверхности среды пятно большого диаметра и многочисленные эхосигналы от этого пятна. Широкий луч и пятно большого диаметра могут «захватить» внутренние конструкции, в том числе стенки емкости, что также ухудшит качество измерения.

Рассеянный отраженный эхосигнал улавливается стержневой антенной и обрабатывается в измерительном преобразователе.

Чем толще стержень (штырь) антенны, тем более узкий луч она излучает, тем меньше пятно измерения на поверхности среды и меньше рассеивание эхолучей, тем меньше влияние паразитных отражений от стенок и других конструкций емкости, тем качественнее измерение, тем больше диапазон измерения уровня.

Увеличение диапазона измерения уровня достигается применением **рупорной (конусной) антенны** с различным диаметром раструба от 150 до 300 мм с соответствующей длиной конуса. Влияние диаметра конуса аналогично влиянию диаметра стержня для стержневой антенны.

Уменьшить влияние конструкции емкости, пены и парогазовой среды на измерение уровня можно использованием **трубчатой антенны**. Труба – волновод небольшого диаметра направляет сигналы на поверхность жидкости, резко снижает потери сигнала. Кроме того, становится возможным измерение уровня жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью (ниже 3,0). Фирменная труба-волновод обычно ограничивается длиной до трех метров.

Параболическая антенна диаметром более 12 дюймов (300 мм), чаще 450 мм диаметром, создает узкий измерительный луч с вытекающими из этого преимуществами. Поэтому высокая разрешающая способность уровнемера с параболической антенной позволяет повысить точность измерения до ± 1 мм и применять его для коммерческих целей.

Дальнейшее «спрямление» рупорной и параболической антенн привело к созданию так называемой **планарной антенны** с плоской поверхностью направленного излучения. Планарная антенна имеет диаметр до 150 мм (6 дюймов) и узкий луч активного сигнала.

Планарная антенна позволяет добиться точности измерения уровня ± 1 мм.

Узкий направленный луч позволяет установку уровнемера в высоком (длинном) патрубке, в том числе с перекрытием, изолированием антенны от емкости с измеряемым веществом.

Планарную антенну рекомендуется устанавливать в измерительной трубе диаметром от 150 до 250 мм, которая позволит избежать влияния волнения (ряби) поверх-

ности жидкой среды, конструкций внутри емкости, уменьшить влияние турбулентности среды распространения сигнала.

Однако чем более узкое пятно на поверхности среды, тем более заметным является вторичное эхоотражение от днища емкости, особенно при малом уровне жидкости в емкости. Некоторые фирмы указывают на приемлемую работу уровнемера в емкостях с выпуклым или коническим, а не плоским дном. Отраженный от днища эхосигнал уходит в сторону от вертикали и не попадает на приемлемую поверхность антенны.

Измерительную трубу в некоторых случаях называют успокоительной трубой, а при установке на байпасе емкости – байпасной трубой.

При конструировании измерительной трубы и ее установки в емкости необходимо учесть ряд особенностей конструкции (рисунки 18.18.Р4 и 18.18.Р5).

Труба должна выбираться диаметром 200, 250 или 300 мм. Трубу следует очистить от внутренних неровностей и шероховатостей. Отклонение от вертикали оси трубы не должно превышать 20 мм.

В трубе необходимо выполнить по периметру по винтовой линии вертикальные прорезы длиной по 30–35 мм и шириной по 2,5–3,5 мм таким образом, чтобы верх прорезы соответствовал нижней кромке более высоко расположенной прорезы. Прорезы должны иметь скос нижней кромки под 45° в сторону от внутренней стенки к наружной с тем, чтобы измерительный луч скользил по скошенной кромке и не отражался внутрь измерительной трубы.

Труба не должна доходить до дна емкости на расстояние, равное двум диаметрам измерительной трубы. На дне емкости желательно, а на плоском дне обязательно необходимо установить отбойную пластину шириной в полтора раза больше диаметра трубы. Отбойная пластина крепится под углом 45° к горизонту с наклоном от ближней стенки в сторону внутренней части емкости для отражения эхопомехи от вертикали измерительной трубы. Измерительная труба имеет фланец, крепящийся на крышке патрубка емкости. Патрубок должен иметь диаметр, больший диаметра измерительной трубы.

Однако емкость, имеющая большую поверхность крыши, может иметь значительный прогиб крыши при различных внешних нагрузках. Измерение уровня в этом случае для коммерческих, а также иных целей, когда требуется большая точность, невозможно. Поэтому следует предусмотреть крепление измерительной трубы к неподвижному дну емкости.

Измерительная труба устанавливается на подпорах, которые крепятся к горизонтальной платформе на дне емкости.

Проход трубы через крышу, а также через понтон осуществляется с использованием патрубков, имеющих уплотнители в виде сальника, либо в виде банджа с бельтингом. Следует обратить серьезное внимание на возможность выхода газовоздушной смеси из емкости в наружную атмосферу.

Лазерный уровнемер использует датчик уровня, работающий на частотах около 100 ГГц. Сверхкороткие волны обеспечивают устойчивую работу уровнемера в различной среде распространения сигнала – турбулентной, запыленной, загазованной, парящей и при различных характеристиках жидкости и ее поверхности – плотность, вязкость, низкая диэлектрическая проницаемость ($< 3,0$), взвеси, суспензии, пасты, слои пены.

Лазерный уровнемер имеет луч с углом до 4° , что уменьшает паразитные экосигналы от внутренних конструкций емкости и повышает точность измерения уровня.

В уровнемере использован метод непрерывного линейного частотно-модулированного излучения FMCW, который в комплексе с другими методами обработки сигнала позволяет получить точность измерения ± 1 мм.

Гидростатический уровнемер по принципу действия измеряет давление, соответствующее высоте столба жидкости над местом отбора давления.

В уровнемере используется датчик разности давлений (дифманометр) или датчик гидростатического давления для определения уровня жидкости в емкостях открытых, закрытых и соединенных с атмосферой, закрытых под давлением. Указанные датчики устанавливаются на боковой стенке емкости вблизи дна. Возможна установка датчика в дно емкости при соблюдении условий:

- доступ к датчику при монтаже и эксплуатации;
- отсутствие осадка на мембране датчика.

Технологические схемы соединений при измерении уровня жидкости методом гидростатического давления приведены на схеме 15.Сх7 и прокомментированы в разделе 15.12. Датчик давления охарактеризован в разделе 18.16, особенности опросного листа для заказа датчика давления – в разделе 18.16.4.

Барботажный пневматический уровнемер применяется для измерения уровня загрязненных сред, пульп, суспензий высокой концентрации, вязких жидкостей (мазут разогретый, патока, сироп и т. п.). Принцип действия уровнемера использует принцип действия гидростатического уровнемера с обязательной подачей воздуха, азота или другого инертного газа в зависимости от свойств измеряемой жидкости в точку/точки отбора давления по схеме 15.Сх4 и разделу 15.7.

Подаваемая пневмосреда под избыточным давлением мелкими пузырьками проходит (барботирует) через толщу измеряемой жидкости. Измеряемая жидкость оказывает сопротивление (противодавление) прямо пропорциональное уровню жидкости и ее плотности. Недостаток данного вида уровнемера заключается в зависимости точности измерения от изменения плотности жидкости и в необходимости организации пневмопитания и пневмотрубопроводных коммуникаций.

Последние обстоятельства значительно удорожают капитальные и эксплуатационные затраты при использовании барботажного пневматического уровнемера. Уровнемер рекомендуется для использования при измерении уровня сложных технологических сред с допустимой для ведения технологического процесса точностью около ± 5 мм.

Рассмотренные в разделе 18.18.3 особенности способов измерения уровня помогут сориентироваться при выборе уровнемера в зависимости от технологической среды измерения и технологического аппарата или коммуникации с измеряемой средой.

Это первое и необходимое условие выбора средства автоматизации.

Следующий шаг – определить влияющие воздействия окружающей среды на первичный измерительный преобразователь.

Большинство выпускаемых уровнемеров позволяют использовать их при температуре окружающей среды от -40 до $+80$ °С и относительной влажности 95 % при температуре 35 °С и ниже без конденсации влаги, атмосферном давлении 84–106 кПа.

Степень защиты датчика от воздействия пыли и влаги – не хуже IP56. Многие уровнемеры имеют аттестат взрывозащиты ЕЕхIаIIС Т4/Т6.

Возможность работы уровнемера в конкретных условиях технологического процесса определяет выбор средства автоматизации с полевого уровня, «снизу».

Далее следует определить возможности уровнемера по обработке первичного сигнала и передаче информации в систему управления.

Здесь первичные измерительные преобразователи имеют широкий диапазон алгоритмов приема и преобразования измерительного сигнала в величину, пропорциональную измеряемому уровню среды с возможностью использования промышленных сетей АСУТП.

Производители уровнемеров, которые в первую очередь используют бесконтактный метод измерения, а также способ магнитоиндукционного зонда, вибрационной вилки, емкостной, постоянно улучшают характеристики своих изделий по функциональным возможностям и вариантам исполнения.

Последнее значительно расширяет возможности использования уровнемеров в системах управления.

Измерение уровня производится для проведения тех или иных технологических операций как в автоматизированном режиме, так и в ручном, осуществляемом оператором или диспетчером АСУТП в соответствии с установленным алгоритмом управления на технологическом объекте управления. Особое значение имеет измерение уровня продукта в резервуарах нефтяной, нефтегазовой, нефтехимической и нефтетранспортной отраслях производства.

В указанных и некоторых других отраслях производства измерение уровня является составной частью коммерческого учета массы (и объема) продукта, имеющего значительную единичную стоимость.

Для проведения коммерческого учета по движению продуктов разработаны системы товарного учета. Системы учета отвечают ряду требований:

- высокая надежность;
- высокая относительная точность измерения массы продукта;
- рациональность;
- открытость;
- масштабируемость;
- простота интерфейса оператора системы;
- взаимодействие с другими системами на объекте;
- современность;
- достоверность.

Поясним приведенные требования.

Высокая надежность – использование компонентов системы, имеющих наработку на отказ не менее 100 тысяч часов при коэффициенте готовности 0,9997 с обеспечением многолетней устойчивой работы в широком диапазоне температур и различных технологических систем движения нефтепродуктов.

Высокая относительная точность измерения массы продукта – по ГОСТ 8.595-2002 относительная погрешность статических измерений массы нефтепродуктов в резервуарах должно быть менее 0,4 % в момент измерения массы.

Рациональность – оптимальный перечень измеряемых параметров на технологическом объекте и оптимальный объем передаваемой и отображаемой информации, достаточный для эффективной и безопасной эксплуатации и управления.

Открытость – возможность развития системы, расширения ее функций на основе соблюдения российских и международных стандартов на электрические, информационные и программные интерфейсы.

Масштабируемость – возможность системы изменить число узлов учета, независимо от их производительности, а также число автоматизированных рабочих мест.

Простота интерфейса оператора системы – отображение информации, диалог оператора с системой учета ведется в понятных графических образах, которые приняты в отрасли производства.

Взаимодействие с другими системами на объекте – использование перечня измеряемых параметров системы для передачи в другие системы, действующие на технологическом объекте управления и на предприятии объекта управления.

Современность – использование новейших отечественных и зарубежных технологий, последних достижений науки и техники.

Юридическая достоверность – передача собственности при приеме и отгрузке нефтепродуктов ведется с утвержденной нормативной документацией на аттестованном оборудовании.

Введенный с 01.07.2003 года ГОСТ Р 8.595-2002 определяет, что относительная погрешность статических измерений массы нефтепродуктов в резервуарах не должна быть выше 0,4 % в момент измерения массы продукта.

ГОСТ устанавливает «косвенные» методы измерения массы: объемно-массовый – ОМ и гидростатический – ГС.

При ОМ необходимо измерить уровень в резервуаре уровнемером.

При ГС измеряется гидростатическое давление жидкого продукта внизу резервуара датчиком давления.

Вместе с тем реализация методов ОМ и ГС невозможна без процедуры калибровки резервуара, в результате которой создается и фиксируется в микроконтроллере таблица связи уровня жидкости и ее объема в резервуаре при стандартной температуре.

В ГОСТе приведены формулы определения относительной погрешности измерения массы продукта методом ОМ и ГС. После ряда допущений и предположений, одинаковых для обеих методов измерения массы, определяется зависимость погрешности для методов ОМ и ГС.

Погрешность измерения массы при ОМ-методе зависит от погрешности измерения уровня и температуры продукта в данный момент, от определения плотности продукта.

Погрешности для измерений принимаем следующие:

– температура – 0,5 °С;

– плотность – 0,2;

– уровень – 1; 2; 4 мм.

Для различного уровня продукта в резервуаре расчеты определяют примерные следующие значения относительной погрешности массы.

Погрешность измерения массы при ГС-методом зависит от погрешности датчиков давления, принимаемой 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15.

Для различного уровня продукта в резервуаре расчеты дают ориентировочные расчетные значения относительной погрешности массы.

Уровень продукта в резервуаре	Относительная погрешность уровня, %			Относительная погрешность датчиков давления, %				
	1 мм	2 мм	4 мм	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15
1	0,17	0,26	0,44	0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5
2	0,155	0,2	0,26	0,25	0,4	>0,5	>0,5	>0,5
4	0,15	0,18	0,22	0,17	0,23	0,3	0,4	0,45
6	0,15	0,175	0,19	0,13	0,18	0,22	0,25	0,3
8	0,15	0,17	0,18	0,12	0,15	0,17	0,21	0,24
10	0,15	0,17	0,17	0,12	0,13	0,15	0,17	0,20
12 и более	0,15	0,17	0,17	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18

Относительная погрешность измерения массы разными методами отличается друг от друга при малом уровне продукта и близка между собой при высоком уровне измеряемой среды в резервуаре. Кроме того, из таблицы видно, что относительные погрешности определяющих составляющих, т. е. датчиков уровня и датчиков давления, отличаются незначительно при уровнях более 4 м и весьма различны при более низких уровнях продукта.

При выборе уровнемера следует совместно с технологами определить частоту опорожнения резервуара до 2–4 м и менее, а также требования оперативного характера к точности измерения уровня при приеме и отгрузке продукта из резервуара.

Тем самым намечается конкретизация выбора того или иного уровнемера.

На приборостроительном рынке представлены системы учета продуктов хранения в резервуарах.

В системах кроме собственно уровнемера задействованы другие средства измерения, которые информационно обеспечивают реализацию алгоритма учета.

Структура систем определения массы продукта в резервуаре методами ОМ и ГС представлена на схеме 18.18.Сх1.

При объемно-массовом методе помимо уровня измеряется средняя температура продукта.

Из отобранной усредненной пробы продукта из резервуара по лабораторным анализам определяется плотность, процент механических примесей и другие параметры продукта.

В отдельных случаях по технологическому регламенту для расчета массы продукта принимаются паспортные данные продукта.

Некоторые фирмы предлагают установить измеритель плотности и измеритель уровня подтоварной воды.

Далее микропроцессорная техника решает алгоритм массы по полученным автоматическим способом или введенным вручную данным.

Средняя температура продукта при ОМ-методе измеряется с помощью зонного или многоточечного термометра.

Многозонный термометр представляет кабель-трос с грузом или креплением к дну резервуара. По длине кабель-троса закреплены от 3 до 13 проволочных термосопротивлений различной длины, которые по одному подключаются к измерительному преобразователю.

Подключается по «команде» уровнемера то термосопротивление, которое по своей длине ближе всего соответствует верхнему уровню продукта в момент измерения и находится в среде измерения.

Таким образом, термосопротивление измеряет среднюю температуру продукта по всей высоте измеряемого продукта.

Многоточечный термометр содержит от 3 до 8 (11) отдельных термосопротивлений (например, Pt100), размещенных на кабель-тросе на определенном расстоянии друг от друга. **Число и расстояние** между отдельными термосопротивлениями **оговаривается при заказе термометра**.

Каждое термосопротивление может опрашиваться микроконтроллером отдельно. Данные термосопротивлений, находящиеся в толще продукта, арифметически усредняются. Вместе с тем по сигналам термосопротивлений можно составить температурно-высотный разрез резервуара. Пример температурного градиента по высоте для конкретного случая приведен на рисунке 18.18.Р2.

Система учета массы гидростатическим методом в общем случае должна иметь три высокоточных измерителя давления и точечный датчик температуры (рисунок 18.18.Р3).

Один датчик давления Р1 устанавливается на уровне выше оси сливной трубы и уровня подтоварной воды. Второй датчик Р2 размещается на расстоянии от 0,6 до 2,4 (3) м выше датчика Р1. Третий датчик давления Р3 измеряет избыточное давление газа в воздушной среде под крышей резервуара.

Датчик температуры длиной не менее 0,9 м измеряет температуру в слое жидкости посередине между датчиками давления Р1 и Р2.

Приведем для сведения следующие формулы расчета параметров:

Масса продукта измерения = $\frac{p1 - p3}{g} \cdot S_p$, где S_p – усредненная площадь резервуара;

Плотность продукта = $\frac{p1 - p3}{p1 - p2} \cdot \frac{1}{l_p}$; l_p – расстояние между датчиками Р2 и Р1;

Уровень продукта (h) = $\frac{p1 - p3}{p1 - p2} \cdot l_p$, h – уровень продукта в резервуаре;

Объем продукта = $\frac{\text{масса}}{\text{плотность}} = S_p \cdot h$.

Отметим, что при любом методе определения массы и объема продукта в резервуаре используется калибровочная таблица резервуара, относительная погрешность составления которой при современной точности калибровки резервуаров объемом 5000–20000 м³ составляет примерно 0,1 %.

При использовании ГС-метода погрешность расчетного значения уровня достигает величины 40 мм, а объема – 0,4 %.

Погрешность измерения уровня и объема не всегда удовлетворяет оперативному управлению объектом.

Разработаны фирмами системы определения массы продукта в комбинации ОМ и ГС-методов, так называемые **гибридные системы**.

В гибридной системе не применяется точечный датчик температуры.

В системе используется значение плотности, рассчитанной по данным датчиков давления Р1 и Р2. Таким образом, в этой системе уровень и температура соответствуют ОМ-методу, плотность ГС-методу, масса вычисляется по полученным приборным показателям.

В то же время аппарата измерения почти удваивается, что при оперативном во времени проведении лабораторных анализов продукта становится нецелесообразным.

При объемно-массовом методе определения массы первичные измерительные преобразователи устанавливаются на патрубке на крыше резервуара, не требуя дополнительных патрубков в боковой стенке резервуара для установки датчиков давления и температуры.

Согласно нормам безопасности на резервуаре устанавливается независимый сигнализатор аварийного верхнего уровня продукта. Сигнализатор размещается на крыше на патрубке и должен предусматривать возможность изменения пределов контроля уровня, например, по причине установки или изменения типа сигнализаторов пожара или пеногенераторов внутри резервуара.

Кроме того, для инвентаризационных и учетных товарных операций через патрубок на крыше производятся периодические ручные замеры уровня с помощью мерной рулетки и отбор представительных проб продукта для последующего их анализа и хранения на заданный срок.

Перечисленные измерения и проводимые лаборантом операции должны осуществляться с достаточной точностью.

В то же время стационарная крыша резервуара допускает механический вертикальный прогиб в несколько миллиметров, который зависит от конструкции крыши, ее износа, внешних нагрузок, от ветра, снега, оперативного персонала и места проведения операций и измерений.

Рекомендации фирм-изготовителей уровнемеров и производственный опыт определили следующее решение.

Разрабатывается специальная закладная конструкция для стального вертикального наземного резервуара со стационарной крышей. Закладная конструкция ЗК размещается на месте люка, расположенного вблизи лестницы.

ЗК представляет из себя стальную трубу диаметром 500 или 600 мм в зависимости от диаметра используемого для ЗК люка (рисунок 18.18.Р5).

По оси люка к дну резервуара приваривается круглая подошва для уменьшения концентрации остаточных напряжений после приварки подошвы.

К подошве крепится пята на винтах по уровню в горизонтальной плоскости.

На пята с помощью четырех раскосов крепится труба ЗК таким образом, чтобы низ трубы (назовем ее наружной измерительной, или наружной трубой) был на расстоянии около 700 мм от пяты.

Для удобства монтажа длина секции/блока наружной трубы не должна превышать 6 м.

Стыковка секций производится на сварке с обязательной зачисткой швов заподлицо. Длина (высота) трубы выбирается такой, чтобы она была выше патрубка люка на 180–200 мм, что позволит разместить и обслуживать элементы уплотнения между патрубком люка и наружной трубой.

Отклонение от вертикали ЗК по всей высоте не должно превышать 20 мм.

При проходе ЗК через понтон предусмотреть в понтоне уплотнения. Уплотнители и другие прокладки должны быть стойкими к парам продукта, хранящегося в резервуаре.

К верхнему обрезу измерительной наружной трубы приваривается фланец. К этому фланцу болтами крепится фланец-заглушка.

Заглушка представляет конструкцию с четырьмя отверстиями различного диаметра с патрубками разной высоты с фланцами для установки измерителей уровня и температуры, сигнализатора верхнего уровня и элементов для проведения ручных операций замера уровня и отбора проб.

Измерительная труба для уровнемера имеет диаметр 250 мм, ее описание приведено выше в разделе «радарный уровнемер».

Измерительная внутренняя труба, установленная внутри наружной измерительной трубы большого диаметра, заканчивается на 100 мм ниже наружной трубы и оснащается четырьмя направляющими скобками, которые центрируют трубу-патрубок измерителя уровня, которая закреплена на фланце-заглушке. Выступающая вниз часть трубы-патрубка на заглушке имеет длину 90 мм, вставляется и центрируется направляющими скобками внутренней трубы.

Выступающая выше заглушки часть этого патрубка имеет длину 300 мм, оснащена фланцем, на котором крепится уровнемер.

Ось внутренней трубы смещена в сторону от оси наружной трубы примерно на 120 мм.

Сбоку от измерительного патрубка уровнемера предусматривается более высокий с целью удобства обслуживания патрубков с фланцем для проведения ручных операций. Диаметр патрубка – 150 мм, высота от заглушки составляет примерно 900 мм от уровня площадки обслуживания измерительной ЗК.

К фланцу крепится изделие с откидной стандартной крышкой с запором и уплотнением. Смещение оси патрубка от оси наружной трубы составляет по 120–140 мм в диаметрально противоположных направлениях.

В свободном секторе фланца-заглушки рядом друг с другом расположены два патрубка с фланцами для установки многоточечного (многозонного) термометра и датчика сигнализатора верхнего уровня.

Диаметр патрубков – 100 мм, высота от уровня заглушки – 150 мм.

Все фланцы имеют необходимые уплотнения.

Наружная труба по всей высоте имеет в диаметрально перпендикулярных плоскостях расположенные в винтовом порядке вертикальные прорези размером 300×40 с условием размещения только одной прорези в любой горизонтальной плоскости.

Внизу ЗК на пята крепится отбойник, как отмечено в разделе «Радарный уровнемер».

Относительно сложная и металлоемкая большого веса закладная конструкция, тем не менее, помогает решить целый комплекс эксплуатационных и метрологических задач. Поэтому проектировщику при реализации требований к созданию АСУТП необходимо определить возможность использования закладной конструкции подобного вида.

18.19. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

В таблице 18.Т12 указаны основные физические величины и параметры, которые измеряются, контролируются или регулируются в АСУТП. Некоторые измерительные преобразователи величин и параметров, которые отражают состояние или

положение технологического рабочего вещества или среды под действием внешних воздействий или формы и вида технологического оборудования, отражены в предыдущих разделах. Это – измерительные преобразователи:

- температуры (раздел 18.15);
- давления (раздел 18.16);
- расхода (раздел 18.17);
- уровня (раздел 18.18);
- скорости вращения (раздел 18.13);
- размера (раздел 18.13).

Другие физические величины и параметры, приведенные в таблице 18.Т12, можно условно отнести к аналитическим. Соответственно первичные измерительные преобразователи таких физических величин и параметров следует именовать преобразователями аналитических величин. Они служат для определения состава веществ, физических или других характеристик технологических сред и сред в рабочей зоне объекта управления.

Сенсоры ИП аналитической величины определяют в различных средах следующие параметры:

В жидкой среде:

- плотность;
- вязкость;
- величина pH;
- окислительный потенциал (Redox-потенциал);
- электропроводность;
- концентрация растворенного кислорода в воде;
- концентрация хлора в воде.

В окружающей воздушной среде и технологических газах:

- запыленность;
- концентрация взвешенных частиц;
- плотность пылегазовых сред;
- газовый анализ;
- оксид углерода (угарный газ) CO;
- диоксид углерода (CO₂);
- метан CH₄;
- аммиак NH₃;
- хлор Cl₂;
- фтористый водород HF;
- сероводород H₂S;
- диоксид серы SO₂;
- азот N₂;
- оксид азота NO;
- водород H₂;
- кислород O₂;
- ПДК комплекса токсичных газов (CO₂, CO, HCl, NO₂, SO₂, Cl₂, NH₃, H₂S);
- ДВК взрывоопасных газов (CH₄, C₂H₆, H₂, Ex, CH₄, H₂; D – дейтерий и др.);
- одорант в природном газе C₂H₅SH.

В рабочей зоне:

- освещенность;
- энергетическая освещенность УФ-излучения;
- яркость объекта;
- относительная влажность воздуха;
- скорость воздушного потока;
- уровень звука;
- вибрация.

Номенклатура измерительных преобразователей аналитических величин очень велика. Техника измерения аналитических величин представляет собой сложную наукоемкую измерительную технику, которая постоянно совершенствует методы и аппараты измерения с использованием современных достижений микроэлектроники, микропроцессоров, программ и алгоритмов.

Аналитическая техника сложна в эксплуатации, требует подготовленного и квалифицированного обслуживающего персонала, постоянного послегарантийного ремонта и замены отдельных ячеек и элементов техники, пополнения поверочных газовых смесей, проведения проверки (1 раз в год) и др.

Предварительный выбор измерительного преобразователя по аналогам, технической и справочной литературе с одновременным заполнением опросного листа по форме 18.19Т1 подготовит проектировщика технического обеспечения АСУТП к получению консультации у разработчика/изготовителя преобразователя.

Желательно по рекомендациям разработчика или поставщика преобразователя ознакомиться с действующей установкой аналогичного преобразователя, его работой, отзывами и рекомендациями эксплуатационного персонала по работе преобразователя. Особо следует обратить внимание на место расположения и конструкцию установки датчика-преобразователя, имея в виду необходимость выдачи задания на разработку или непосредственную разработку чертежей закладной конструкции анализатора для проектируемого объекта управления.

Плотность и вязкость

Измерительный преобразователь плотности или вязкости заказывается по опросному листу, заполнение которого аналогично заполнению опросного листа для заказа расходомера. Форма опросного листа приведена в таблице 18.19.Т2.

Электрохимические параметры

Промышленные электрохимические анализаторы определяют величины рН, окислительного потенциала, электропроводности, концентрации растворенного кислорода или хлора (фтора) в воде и др. Электрохимические анализаторы могут быть переносными (в АСУТП непрерывных процессов используются редко) или стационарными.

Стационарный ИП состоит из измерительного элемента или ячейки (датчика), соединенного коаксиальным кабелем с микропроцессорным, «интеллектуальным» измерительным преобразователем ИП.

Стационарные измерительные преобразователи электрохимических величин имеют структуру, приведенную на схеме 18.17.Сх1. Различные фирмы выпускают разные модификации ИП по выходным данным, что следует учитывать при включении анализатора в структурную схему АСУТП. Устанавливать датчик электрохимического анализатора необходимо в легкодоступном месте для обеспечения обслуживания

датчика (чистки или замены электродов) желательно в обводном трубопроводе для обеспечения извлечения датчика при его обслуживании. Необходимо предусмотреть соответствующие материалы датчика и уплотнений для использования датчика в измеряемой среде при рабочем давлении и температуре в месте установки датчика.

Для электродов, используемых в рН-метрах и Rodex-метрах, следует обеспечить присутствие остаточной измерительной жидкости на электродах в период отключения технологической схемы.

Для размещения в измеряемой среде электрохимических измерительных датчиков следует заказать защитную арматуру проточного или погружного типа. Установка выбранной защитной арматуры требует выполнения чертежей закладной конструкции.

При технологическом оборудовании и трубопроводе из изоляционного материала следует спроектировать заземляющий стержень.

Стандартные электроды бывают двух или трех размеров монтажной длины, что нужно учитывать в заказе для конкретной установки.

Электроды различаются по материалу корпуса и материалу чувствительного элемента.

Материал корпуса – стекло, пластмасса, металл.

Материал чувствительного элемента (как правило):

- для измерения рН – стекло или сурьма;
- для измерения окислительного потенциала – платина, золото;
- для измерения электропроводности – платина.

Материал заполнения корпуса чувствительного элемента с целью увеличения срока эксплуатации чувствительного элемента – гелеобразное вещество без ионов серебра (гель) или раствор KCl, не содержащий ионов серебра.

Для поверки анализатора необходимы поверочные газовые смеси в баллонах с вентилем точной регулировки.

Анализаторы кислорода, кислород и хлор или хлора в воде включают в комплект: датчик измерительный, стабилизатор давления измеряемой среды, модуль анализатора, блок питания и индикации, возможно включение холодильника с водяным охлаждением.

Пыль и дым.

Для непрерывного экологического и технологического контроля содержания взвешенных частиц, запыленности пылегазовых сред и дымовых потоков на предприятиях различных отраслей промышленности и строительства выпускаются пылемеры и дымомеры.

Анализаторы пыли и дыма содержат моноблок оптического канала или моноблок с погружным датчиком-стержнем.

Параметры контролируемой среды:

- температура от 0 до 300 °С;
- скорость потока среды – не более 30 м/с;
- концентрация пыли – до 3000 мг/м³.

Стационарный датчик пыли- и дымомера эксплуатируется в весьма сложных условиях, его надежность относительно низка, поэтому по возможности следует избегать его применения, отдавая предпочтение анализатору с передачей информации

о измеряемых и вычисляемых параметрах на блок-индикатор (до 100 м) или в структуру АСУТП по каналу RS232.

ЦДВ и ЦДК

Большое значение имеет применение стационарных сигнализаторов и систем сигнализации и блокировки:

- предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- дозрывных концентраций газов и паров в воздухе производственных помещений и наружных установок.

Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов приведены в приложении 18.Прб. Эти требования не противоречат «руководящему документу РД БТ 39-0147171-003-88», утвержденному Госгортехнадзором в 1988 г.

Требования следует выполнять при проектировании АСУТП нового строительства или реконструкции всех предприятий различных отраслей промышленности и строительства. Многие фирмы и предприятия выпускают газоанализаторы, сигнализаторы и системы сигнализации, руководствуясь приведенными в 18.Прб требованиями.

Задача проектировщика АСУТП в соответствии с требованиями и заданием на проектирование, которое учитывает конкретные требования проектируемого/реконструируемого технологического объекта управления, выбрать систему, групповые или индивидуальные анализаторы для мониторинга экологической и технологической безопасности. При этом следует заполнить опросные листы, форма которых приведена в таблице 18.19.Т1.

Специфика опросных листов на заказ газоаналитических приборов:

- необходимость описания или графического изображения системы защиты технологического объекта управления средствами газового анализа;
- указание необходимости проведения пусконаладочных работ на комплекте газоанализаторов;
- указание параметров измерения и параметров окружающей среды для каждого датчика ввиду их территориального разброса.

Экология рабочей зоны

Пункт управления АСУТП – операторная или диспетчерская – следует оснастить набором приборов или прибором, определяющими основные параметры микроклимата рабочей зоны в помещении пункта управления (освещенность, в том числе энергетическая от источников УФ освещения; температура; относительная влажность воздуха).

При проектировании пункта управления по заданию специалистов АСУТП должны быть обеспечены условия рабочей зоны по разделу 7.13 пособия.

18.20. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

В разделе 18.14 указано, что первичный измерительный преобразователь с дистанционной передачей показаний может быть датчиком обычного типа или интеллектуальным датчиком. Датчик обычного типа передает измеренную информацию либо непосредственно ко вторичному функциональному прибору или к аналоговому вводу каналу средства ВТ.

Датчик интеллектуальный содержит измерительный элемент или ячейку, плату электроники и может иметь устройства индикации и клавиатуры, устройства интерфейсные и др. Как правило, плату электроники, элементы памяти, устройства индикации, клавиатуры, интерфейса объединяют электроники или измерительным преобразователем ИП.

Мировые приборостроительные фирмы выпускают (а также продолжают выполнять новые конструкторские разработки) измерительные преобразователи для датчиков измерения физических величин в различных исполнениях.

В общем случае можно выделить следующие виды конструктивного исполнения ИП:

- корпус IP67/NEMA 4х/6 для компактного монтажа с измерительным элементом (ячейкой);
- корпус IP65/NEMA 4 для монтажа на стенку;
- корпус IP65/NEMA 4 для монтажа на фасадную панель щита управления;
- корпус IP20/NEMA 20 для монтажа на внутреннюю (заднюю) панель щита;
- корпус для монтажа в каркас 19".

ИП обеспечивает:

- работу в оптимальном динамическом диапазоне измерения физической величины;
- цифровую обработку сигнала со множеством возможностей;
- сохранение заводских и пользовательских данных;
- самодиагностику для определения ошибок в работе ИП;
- функциональный выход информации по измеренной физической величине.

Измерительный преобразователь также обеспечивает функцию питания первичного измерительного преобразователя.

При использовании дополнительных устройств и плат измерительный преобразователь может иметь:

- конфигурируемое пользователем меню управления с защитой паролем;
- индикацию основных данных и информации ИП;
- функциональные выходы в промышленную сеть (HART, PROFIBUS PA, MODBUS RTU и др.);
- релейные выходы для функций сигнализации, блокировки, управления, дозирования и т. п.;
- допуск для режима коммерческого учета с защитной блокировкой.

Схема различных измерительных преобразователей приведена на 18.17.Сх1.

Различают компактное и раздельное исполнение ИП.

Компактный измерительный преобразователь – измерительный преобразователь объединен в единую конструкцию с измерительным датчиком (чувствительным элементом).

Разделительный измерительный преобразователь – измерительный преобразователь вынесен на определенное расстояние от чувствительного элемента. Для различных преобразователей соединение измерительного датчика и раздельного ИП имеет специфические электрические связи и различную допустимую длину, определяемую видом электрического сигнала и погрешностью измерения. Удаленность ИП от сенсора оговаривается в технических данных на средство измерения, также как модификация кабельных связей.

Отметим, что первичный измерительный преобразователь давления или перепада давления не имеет отдельного варианта с ИП. Измеряемая среда непосредственно или через разделительное устройство подводится трубными проводками к ПИП с компактным исполнением ИП. Для погружного зонда ПИП представляет собой герметичную конструкцию с чувствительным сенсором, первичным усилителем и преобразователем напряжения в токовый сигнал 0/4–20 мА. Последний является выходным интерфейсом данного средства измерения.

Измерительные преобразователи, как правило, имеют гальваническое разделение всех цепей, контроль входных цепей на обрыв и короткое замыкание, функции диагностики.

Измерительные преобразователи могут иметь искробезопасные входы, в некоторых исполнениях возможно подключение сенсоров во взрывоопасной зоне (Ex ia или Ex ib).

В заключение отметим, что измерительный преобразователь, выпускаемый в России, может иметь название, которое не всегда отражает его функциональное назначение. ИП различных модификаций имеет наименование (пример):

- измерительный преобразователь модульный;
- измерительный преобразователь температуры и влажности;
- измеритель-регулятор температуры и влажности;
- измеритель-регулятор;
- измеритель-регулятор технологический;
- многоканальный измерительный преобразователь;
- термометр многоканальный;
- регулятор «термодат»;
- электронный регистратор «Параграф»;
- измеритель ПИД-регулятор с универсальным входом;
- прибор, показывающий КП 1Т (с круглой шкалой и стрелочной индикацией).

18.21. ВТОРИЧНЫЙ ПРИБОР

К вторичным приборам относятся показывающие приборы и показывающие и регистрирующие приборы (схема 18.21.Сх1).

По сути, отдельный измерительный преобразователь, который рассмотрен в 18.20, также можно отнести к вторичному показывающему прибору. Показывающий прибор отражает текущее значение измеряемой величины, не имеет возможности запоминания измеренных величин, но оснащен выходными устройствами токового сигнала, двухпозиционной сигнализацией и трехпозиционным регулированием с установкой диапазона регулирования.

В отличие от ранее рассмотренных ИП с индикацией цифрами высотой 14 мм показывающий прибор имеет большой размер измерительной шкалы (габарит – 160×200, шкала – Ø144 мм).

Показывающий прибор в современных АСУТП используется редко.

Показывающие и регистрирующие вторичные приборы имеют различные виды шкал, виды регистрации и индикации.

Схема 18.21.Сх1 показывает основные функциональные элементы, набором которых характеризуются разновидности вторичных приборов. Некоторые фирмы

ограничивают набор функций, дополнительных к основной. Некоторые фирмы освоили продукцию с большим набором функций. Фирмы по заказу потребителя дополняют состав прибора необходимыми элементами.

Регистрирующие приборы с бумажным носителем давно известны и выпускаются в течение многих лет. В последние годы широко рекламируются регистрирующие приборы с записью параметров на электронных носителях. Эти же приборы имеют набор программных пакетов, расширяющих возможности обработки параметров и проведения самодиагностики. Но в России применение электронных регистраторов сдерживается значительной ценой таких вторичных приборов. Тем более что в АСУТП используются системы, позволяющие необходимую информацию обрабатывать средствами ВТ АСУТП и представлять ее оперативному и инженерному персоналу на экране управления системой.

18.22. РЕГУЛЯТОР

Регулятор – техническое средство автоматизации приборного, аппаратного или микропроцессорного типа, предназначенное для поддержания в заданных пределах параметра технологического процесса путем образования, усиления и преобразования сигнала отклонения регулируемой величины от заданного значения с формированием закона регулирования и выдачей регулирующей величины для управления исполнительным устройством.

Регулятор приборного типа – регулирующее устройство встраивается в показывающий или показывающий и регистрирующий вторичный прибор.

Наиболее часто регулирующее устройство в приборе представляет из себя двух-, трехпозиционное контактное устройство (напряжение до 250 В переменного тока 50 (60) Гц, коммутируемый ток до 3 А). Схема регулирования разрабатывается проектировщиком АСУТП с учетом указанного регулирующего устройства, блока управления релейного регулятора, указателя положения регулирующего органа (при необходимости).

Регулятор аппаратного типа – регулирующее устройство в виде самостоятельного аппарата, конструктивно выполненного в виде приборного корпуса для установки на панели щита; на лицевой панели аппарата расположены индикаторные и сигнальные элементы, кнопки и переключатели. Основные функциональные возможности современных регуляторов аппаратного типа таковы:

- алгебраическое суммирование и масштабирование входных сигналов;
- гальваническое разделение входных сигналов друг от друга и от выходного сигнала;

1) возможность формирования программного задания в виде произвольной кусочно-линейной функции времени с несколькими участками произвольного наклона; логическое управление программным задатчиком (стоп, пуск, сброс);

2) ПИД, ПИ, ПД, П – регулирование с импульсным или аналоговым выходным сигналом, трехпозиционное и двухпозиционное регулирование по заданной программе или в режиме стабилизации;

3) возможность настраиваться автоматически на оптимальную динамику процессов регулирования перед включением в работу;

4) безударное переключение вида управления с автоматического на ручное и обратно; ручное управление исполнительным механизмом;

- 5) цифровая индикация параметров в натуральных физических единицах или в процентах;
- 6) цифровая индикация одного из четырех параметров по выбору:
 - заданного значения регулируемой величины;
 - отклонения регулируемой величины от заданного значения;
 - положения исполнительного механизма с приведением к диапазону 0–100 %;
 - дополнительного параметра;
- 7) сигнализация верхнего и нижнего предельных отклонений регулируемого параметра от заданного значения;
- 8) в импульсном регуляторе – возможность использования аналогового выхода в качестве сигнала, линейно зависящего от регулируемого параметра (например, для вывода на самописец);
- 9) защита от обрыва цепи датчика;
- 10) диагностика отказов регулятора;
- 11) энергонезависимая память;
- 12) объединение в сеть или подключение к компьютеру по интерфейсу RS232C:
 - подключение к локальной сети по каналу Ethernet (опционально);
 - подключение к сети Интернет (опционально).

Регулятор микропроцессорного типа – регулирующее устройство в виде микроконтроллера для установки на DIN-рейку, предназначенное для регулирования нескольких переменных величин.

Основные функции регулятора микропроцессорного типа во многом повторяют функции регулятора аппаратного типа, но имеют ряд дополнительных к ним функций, которые возможно выполнять на микроконтроллерной технике:

- 1) измерение и преобразование в цифровую форму сигналов, поступающих от аналоговых и дискретных технологических параметров;
- 2) реализация алгоритмов функционирования, необходимых для управления конкретными технологическими процессами (например, аналоговое или импульсное ПИД-регулирование, различные виды формирования задания, в том числе с возможностью изменения в реальном времени, программно-логическое управление, автоматическое включение резервного оборудования и т. д.; каскадное регулирование);
- 3) формирование дискретных и аналоговых выходных сигналов для воздействия на технологический процесс:
 - формирование сигнала аварийной сигнализации отказа системы регулирования по сформированному потребителем алгоритму, в том числе защита от обрыва в цепи датчика;
 - автоматическое изменение любых параметров и (или) перестройка алгоритма прибора по алгоритму пользователя;
- 4) архивирование событий во внутренней памяти контроллера;
- 5) вывод информации на дисплей встроенного пульта оператора, карманного компьютера (PDA) или на экран монитора персонального компьютера через интерфейс RS232C, Ethernet;
- 6) обеспечение связи через интерфейс RS485 между контроллерами и другими модулями;
- 7) обеспечение связи через интерфейс RS232C (на базовом модуле) с периферийными устройствами (модем, теплосчетчик и т. д.);

8) обеспечение связи с сервером через интерфейс Ethernet при работе в локальной сети и сети Интернет.

К аналоговому входу возможно подключение датчиков:

– с выходным сигналом постоянного напряжения от 0 до 2400 мВ с подключением на поддиапазоны (0–150 мВ, 0–300 мВ, 0–600 мВ, 0–1200 мВ, 0–2400 мВ) и от 0–10В;

– с выходным сигналом постоянного тока 0/4–20 мА;

– термосопротивления различного типа;

– термопреобразователей сопротивления;

– реостатных 100 Ом, 1 кОм;

– термисторов 10 кОм.

Аналоговые выходы регулятора может программно конфигурироваться под нужный диапазон сигнала (0/4–20 мА, 0–5 мА, 0–10 В постоянного тока).

Дискретный выход – сухой транзисторный или симисторный ключ на 48 В, до 0,5 А постоянного тока.

Постоянная память регулятора подразделяется на две части: для алгоритма и его описания, для архивирования.

Регулятор имеет часы реального времени с энергонезависимостью.

Регулятор микропроцессорного типа в отдельных исполнениях имеет встроенный пульт управления.

Регулятор может быть дооснащен усилителем/усилителями различного назначения для подключения к нему регулирующего механизма.

Выбор типа регулятора (аппаратного или микропроцессорного) зависит от числа регулирующих величин, необходимости дистанционного изменения алгоритмов и программ регулятора и выполнения других дополнительных функций.

18.23. ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Регулирующая арматура с приводом рассматривается в АСУТП как исполнительное устройство и по ГОСТ 14691–69 «Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. Термины» имеет определение.

Исполнительное устройство – устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: исполнительного механизма и регулирующего органа и может оснащаться дополнительными блоками.

Исполнительный механизм (ИМ) – механизм, являющийся функциональным блоком, предназначенным для управления исполнительным органом (ИО) в соответствии с командной информацией.

Примечание. В системе автоматического регулирования сред исполнительный механизм предназначен для перемещения затвора регулирующего органа.

Регулирующий орган (РО) – исполнительный орган, воздействующий на процесс путем изменения пропускной способности.

Дополнительный блок – блок, предназначенный для расширения области применения исполнительного устройства в различных схемах управления.

Примечание. К дополнительным блокам относятся позиционеры, дублеры, датчики положения, фиксаторы и т. п.

На схеме 18.Сх4 указаны дополнительные блоки: ФП – фиксатор положения, ДП – датчик положения, наиболее часто встречающиеся в АСУТП.

Исполнительные устройства в зависимости от вида используемой энергии разделяются на электрическое ИУ, пневматическое ИУ, гидравлическое ИУ, электропневматическое ИУ, электрогидравлическое ИУ, пневмогидравлическое ИУ.

В указанных ИУ применяется исполнительный механизм с использованием соответствующей энергии.

В комбинированном ИУ установлен преобразователь.

Например, в электропневматическом ИУ установлен электропневматический преобразователь и пневматическое ИУ.

Исполнительный механизм может иметь следующий вид:

- прямоходный ИМ, выходной элемент которого перемещается поступательно;
- поворотный ИМ, выходной элемент которого перемещается по дуге до 360° ;
- многооборотный ИМ, выходной элемент которого вращается (более 360°).

Регулирующий орган может иметь следующий вид воздействия на рабочую среду:

- заслонка, поворот которой изменяет пропускную способность;
- односедельный РО, поступательное перемещение затвора вдоль оси прохода седла изменяет пропускную способность;
- двухседельный РО, тоже двух седел;
- шланг, изменения сечения упругого шланга изменяет пропускную способность;
- диафрагма, поступательное перемещение центра которой относительно седла изменяет пропускную способность;
- трехходовой (смесительный, разделительный) РО, перемещение затвора в котором по отношению к двум седлам изменяет соотношение пропускных способностей через три присоединительных прохода, при этом два потока смешиваются в один (смеситель) или один поток разделяется на два (разделитель).

На рабочую среду воздействует орган регулирующей аппаратуры, а также запорной, предохранительной, распределительно-смесительной, защитной, контрольной аппаратуры. Рабочая среда определяется как жидкость, газ, пар, пульпа или смеси и другие вещества, для управления которыми (отключения, распределения, регулирования, сброса, смешивания, фазоразделения) предназначена трубопроводная аппаратура.

Пропускная способность (K_v) – расход жидкости ($m^3/ч$) плотностью $1000 \text{ кг}/m^3$, пропускаемой регулирующим органом при перепаде давления на нем в $1 \text{ кгс}/cm^2$.

Примечание. Текущее значение K_v при заданной величине хода затвора в процентах указывается соответствующим индексом, например K_{v5} , K_{v15} .

Максимальная действительная пропускная способность (K_{v100}) – значение величины пропускной способности при максимальном действительном ходе затвора, выраженное в $m^3/ч$.

Минимальная пропускная способность (K_{vM}) – номинальное значение минимальной величины пропускной способности при сохранении пропускной характеристики регулирующего органа, выраженное в $m^3/ч$.

Негерметичность исполнительного устройства – расход через закрытое исполнительное устройство, выраженное в процентах от условной пропускной способности.

Порог чувствительности исполнительного устройства – отношение наименьшего значения величины изменения командного сигнала, вызывающее начало перемещения, к диапазону командного сигнала, выраженное в процентах.

Герметичность исполнительного органа характеризуется классом А, В, С и D по таблице 18.23.Т2.

К полевым средствам автоматизации комбинированного типа, которые сочетают в себе первичный измерительный преобразователь, исполнительное устройство и регулятор, относятся регуляторы прямого действия.

Регулятор прямого действия – регулятор, чувствительный элемент которого непосредственно развивает усилие, которое необходимо для перемещения регулирующего органа без использования внешней энергии.

Регуляторы прямого действия выпускаются для автоматического регулирования температуры, давления, уровня, расхода и других параметров жидкостей и газов.

Регулятор прямого действия, как правило, состоит из клапана и измерительной системы (сенсор, капилляр, сильфон или мембрана). При этом сильфон или мембрана устанавливается внутри корпуса регулятора прямого действия непосредственно на заводе-изготовителе.

Большинство регуляторов прямого действия являются приборами пропорционального П-регулирования.

Регулятор уровня прямого действия, как правило, имеет чувствительный элемент в виде поплавка, который кинематически связан с золотником регулирующего органа и осуществляет двухпозиционное регулирование (открыт, закрыт).

Выбор регулятора прямого действия следует осуществлять по трем группам параметров.

Первая группа – характеристики окружающей среды (изложены в 18.3).

Вторая группа – характеристики первичного измерительного преобразователя (датчика измерительного), изложены в 18.15–18.18.

Третья группа – характеристики исполнительного (регулирующего) органа. К ним относятся:

- пропускная способность (K_v) РО;
- условный диаметр (d_y) РО;
- максимальный перепад давления на РО (Δp);
- максимальная температура рабочей среды;
- максимальное давление рабочей среды.

Как видно, все характеристики регулирующего органа являются технологическими данными. Поэтому, как отмечено в главе 1 пособия (раздел 1.4.4), регуляторы прямого действия специфицируются и изображаются, а также выбираются в технологической части проекта. Однако в отдельных случаях специалистам по проектированию АСУТП приходится самостоятельно выбирать регулятор прямого действия. Таким образом, необходимо заполнить опросный лист для заказа регулятора прямого действия (форма опросного листа по 18.23.Т1).

- Особо следует обратить внимание на следующие характеристики второй группы:
- диапазон измерения регулируемого параметра;
 - глубину погружения датчика температуры (для регулятора температуры);
 - тип крепления датчика температуры на технологическом оборудовании;
 - длину соединительной трубки от места отбора до регулирующего органа;

- необходимость вставной диафрагмы при измерении перепада давления на трубопроводе регулируемой среды;
- необходимость конденсационного сосуда для высоких температур ($>150\text{ }^{\circ}\text{C}$) отбора давления среды.

В третьей группе характеристик регулятора прямого действия особого внимания заслуживают характеристики пропускной способности (K_V), условном диаметре (d_y) и перепаде давления (Δp) на регулирующем органе (РО).

Между этими характеристиками существует зависимость, определяемая формулой $K_V = Q \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta p}}$, где Q – объемный расход, л/мин; γ – плотность среды, кг/дм³; Δp – перепад давления на РО, бар; K_V – коэффициент пропускной способности.

Если указать в опросном листе объемный расход и плотность регулирующей (рабочей) среды, что обычно задается в технологическом регламенте процесса, определить допустимую по технологическому процессу потерю давления на регулирующем органе (Δp на РО как часть потери напора в технологическом трубопроводе), то поставщик самостоятельно рассчитывает коэффициент пропускной способности (K_V), необходимый ему для реализации заказа.

Практика показывает, что технологи, «перестраховываясь», иногда завышают диаметр трубопровода и допустимую потерю давления на арматуре или занижают объемный расход технологической среды в трубопроводе. Такое несоответствие в действительности ухудшает работу регулирующего органа.

Поставщик может в некоторых случаях указать заказчику на несоответствие условного диаметра (d_y) коэффициенту K_V , что потребует изменения подводящего/отводящего трубопроводов. Рекомендуем при заполнении опросного листа указывать d_y для регулирующего органа в пределах (0,5–0,7) d_y технологического трубопровода.

Такое решение улучшает работу РО и снизит вес и стоимость регулятора прямого действия. Вместе с тем это решение потребует монтажа переходных патрубков с одного диаметра на другой.

Регулирующий или исполнительный орган входит в систему исполнительного устройства.

Регулирующий орган, как отмечено в главе 1 (раздел 1.4.4), выбирается специалистами технологической части проекта. Исполнительный механизм, который по определению предназначен для управления регулирующим органом, выбирается двумя методами.

Во-первых, часть регулирующих органов комплектуется или рекомендованы к комплектации определенным электрическим или иным исполнительным механизмом.

При этом ИМ специфицируется либо в электротехнической части проекта, либо в части АСУТП (по договоренности соисполнителей).

Во-вторых, из технологической части проекта известны крутящий момент и ход рабочего органа арматуры, выбранной для регулирования. Выбор регулирующего, исполнительного органа осуществляется специалистами-технологами. Желательно также участие специалиста по АСУТП в выборе регулирующего органа, так как он отвечает за функционирование контура регулирования и всей АСУТП в целом и обязан добиться работоспособности всех элементов контура в самых неблагоприятных условиях предстоящей эксплуатации РО. Эксплуатация подвержена влиянию

случайных, дополнительных факторов (коррозия или накипь на подвижных частях, их пригорание или примерзание, кристаллизация или коагуляция технологической среды в корпусе РО).

Для надежности работы системы автоматического регулирования величину перестановочного усилия исполнительного механизма следует увеличить на 30–50 % относительно величины усилия под действием постоянных технологических и конструктивных факторов на установку РО.

Исполнительный электрический механизм по заданию технологов специфицируется в электротехнической части или части АСУТП комплексного проекта.

Далее после выбора исполнительного механизма и регулирующего органа специалисты-технологи производят их проектную компоновку на конкретных монтажных чертежах и производят конструкторскую разработку соединения ИМ и РО между собой.

Электропитание исполнительного механизма мощностью более 0,5 кВт (по заданию специалистов АСУТП) осуществляется по проекту электротехнической части.

Электропитание ИМ малой мощности до 0,5 кВт можно организовать по проекту АСУТП.

Однако вид датчика положения (реостатный, индуктивный, токовый) должен определить специалист АСУТП, если датчик не определен конструкцией ИМ.

Функциональный контур автоматического регулирования изображается и специфицируется в части АСУТП с указанием типа ИМ и РО, выбранных в технологической части проекта.

18.24. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предыдущих разделах главы приведены основные требования, которые следует учитывать при выборе того или иного средства автоматизации.

При рассмотрении технических данных и схем подключения и установки средства автоматизации, составленных предприятием-изготовителем при разработке принципиальных электрических схем, в том числе питания, схем соединений, обычно выявляется необходимость в выборе и заказе дополнительных и вспомогательных средств автоматизации. К ним могут относиться нормализаторы, гальванические разделители, устройства защиты от перенапряжений, блоки питания, преобразователи сигналов и т. д.

Проработка схем трубных и кабельных проводок, схем расположения и подготовка задания на закладные конструкции для установки средств автоматизации выявляет определенные дополнительные элементы, которые необходимо включать в заказную документацию на выбранные средства автоматизации или уточнять тип средства автоматизации.

Таким образом, окончательный выбор и составление заказной документации на средство автоматизации производится по результатам разработки ряда схем и чертежей. Об этом подробнее изложено в главе 6 «Организация выполнения рабочего проекта».

На схеме 6.Сх1 в строках 9/10 и 9/12 и комментарии к блок-схеме на странице 6–18 указаны итоговые результаты в разработке спецификации оборудования и материалов В4 и ведомости потребности в материалах В5. В таблице 1.Т2 главы 1 на

страницах 1–42, 1–43 под порядковым номером 22 (ориентировочное время – 73 % от срока выполнения проектных работ) в строке АТХ черным кружком указана выдача «исходных данных для смет, ПОС, охране окружающей среды».

«Исходные данные» – это в основном спецификации оборудования и материалов, щитов и пультов, ведомости потребности в материалах и ряд чертежей и схем рабочего проекта (рабочей документации).

На практике менеджеры проекта и руководители организации по проектированию АСУТП требуют (что понятно) заказать оборудование как можно раньше от отмененного выше срока.

Напомним, что при выполнении рабочего проекта с утверждаемой частью составляются ведомости оборудования и материалов (глава 6, страница 6–31, строка 3/15), которые при необходимости корректируются по замечаниям утверждающего протокола (глава 6, страница 6–35, строка 7/14). Ведомости не являются полным документом для заказа оборудования, при дальнейшем выполнении рабочей документации они уточняются, дополняются необходимыми данными и комплектующими.

Опыт проектировщика АСУТП, его умение предусмотреть заранее возможные требования рабочего проектирования к конкретному средству автоматизации позволяют оформить заказную документацию на средство автоматизации в более ранние сроки, чем это предусматривается схемой 6.Сх1.

В период выбора и при оформлении заказа на средства автоматизации следует использовать помощь квалифицированных технических консультантов фирм-поставщиков оборудования, региональных представителей фирм.

Желательно в проектной фирме иметь одного-двух проектировщиков АСУТП, которые специализируются по отдельному виду измерения. Эти специалисты, функционально выполняющие проект АСУТП во всех частях, в то же время специализируются конкретно на том или ином виде средств автоматизации – измерение температуры, давления, расхода и др.

Такие специалисты оказывают помощь другим специалистам, консультируют их, проверяют правильность выбора и оформления заказа по конкретным видам оборудования.

18.25. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Активная поверхность ВБ	18.13.1
Антенна	18.18.2
Аппарат	18.10
Барабанный счетчик	18.17А3
Барботажный пневматический уровнемер	18.18.3
Бесконтактная коммутация.	18.13
Бесконтактный выключатель (ВБ).....	18.13.1
Бесконтактный выключатель неутапливаемого исполнения	18.13.1
Бесконтактный выключатель утапливаемого исполнения	18.13.1
Бесконтактный датчик-реле	18.13
Бук (буй).....	18.18.2
Взаимодействие с другими системами на объекте	18.18.3
Взрывозащищенность	18.2
Вибрационный уровнемер.	18.18.3
Вихревой расходомер с осциллирующей струей.	18.17А3
Влияющая физическая величина (влияющая величина)	18.9
Воспроизводимость (точность повторения) (R).....	18.13.1
Вспомогательное оборудование	18.17К
Высокая надежность	18.18.3
Высокая относительная точность измерения массы продукта.....	18.18.3
Гарантированный интервал срабатывания (S_a).....	18.13.1
Гибридные системы	18.18.3
Гидростатический уровнемер	18.18.3
Гистерезис (дифференциальный ход) (H)	18.13.1
Датчик	18.11
Датчик-реле, детектор	18.12
Демпфирующий материал.....	18.13.1
Детектор.....	18.11
Диафрагма	18.17А1.2
Дисковый счетчик	18.17А3

Дополнительный блок	18.23
Дренажные и продувочные отверстия	18.17А1.4
Емкостный уровнемер	18.18.3
Емкостный ВБ	18.13.1
Задержка готовности (tv)	18.13.1
Закладная конструкция	18.10
Запорная арматура	18.17А1.3
Защитная арматура преобразователя	18.15
Зона чувствительности (S_d)	18.13.1
Зонд	18.18.2
Зубчатый счетчик с винтовыми роторами.	18.17А3
Изделие третьего порядка	18.3.1
Излучатель.	18.13.4
Изменяющийся перепад давления	18.17А3
Измерительная труба	18.18.3
Измерительный преобразователь.	18.17И
Измерительный преобразователь.	18.11
Измеряемая физическая величина (измеряемая величина)	18.9
Измеряемое вещество	18.18.3
Индикатор	18.12
Индуктивный ВБ	18.13.1
Интеллектуальный датчик.	18.14
Интеллектуальный преобразователь.	18.15
Интеллектуальное средство автоматизации (ИСА)	18.14
Интерфейс RS-422	18.14
Интерфейс RS-485.	18.14
Интерфейс V.24.	18.14
Интерфейс RS-232C.	18.14
Интерфейс.	18.14
Исполнительное устройство	18.12
Исполнительный механизм (ИМ)	18.23
Камерный метод отбора давления	18.17А1.4

Камерный расходомер	18.17А3
Камерный счетчик без движущихся разделительных элементов	18.17А3
Камерный счетчик с движущимися разделительными элементами	18.17А3
Канал закрытый	18.10
Канал открытый	18.10
Категории оболочки по пыли	18.4
– оболочка категории 1	18.4
– оболочка категории 2	18.4
Категория размещения изделий	18.3.1
Климатическое исполнение изделий	18.3.1
Коаксиал	18.18.2
Ковшовый счетчик	18.17А3
Код IP	18.4
Код климатического исполнения датчика	18.2
Колено	18.17А1.3
Количество прошедшего вещества	18.17.1
Коллектор	18.17А1.23
Кольцевой счетчик	18.17А3
Коммуникация транспортная	18.10
Коммутатор	18.14
Компактный пружер	18.17К
Компенсатор	18.17А1.3
Кондуктометрический или электропроводный уровнемер	18.18.3
Контактная коммутация	18.13
Контактный датчик-реле	18.13
Контроль	18.11
Конфузор	18.17А1.3
Концентратор	18.14
Кориолисовый расходомер	18.17.Б7
Крыльчатый расходомер	18.17А3
Лазерные датчики	18.13.4
Лазерный уровнемер	18.18.3

Лопастной счетчик	18.17А3
Максимальная действительная пропускная способность (K_{V100})	18.23
Максимальное расстояние срабатывания	18.13.4
Массовый расход q_m	18.17.1
Масштабируемость	18.18.3
Мерник	18.17К
Местное сопротивление	18.17А1.3
Метрологическое функционирование	18.11
Механическое перемещение	18.18.2
Минимальная пропускная способность (K_{VM})	18.23
Минимальное расстояние срабатывания	18.13.4
Многозонный термометр	18.18.3
Многоточечный термометр	18.18.3
Монтажные и соединительные детали	18.15
Мост	18.14
Негерметичность исполнительного устройства	18.23
Немеханический магнитный (магнитно-чувствительный) ВБ	18.13.1
Номинальная статическая характеристика (НСХ)	18.15
Номинальное расстояние срабатывания (S_n)	18.13.1
Нормализатор или нормирующий преобразователь (НП)	18.14
Оболочка	18.4
Объемный расход q_o	18.17.1
Обычный пружер	18.17К
Опасная часть	18.4
Опасный производственный фактор	18.4
Оперативное функционирование	18.11
Опрокидывающийся камерный счетчик	18.17А3
Опросный лист пирометра	18.15
Оптические защитные барьеры	18.13.4
Оптический пирометр	18.15
Оптический ВБ	18.13.1
Оптоэлектронный датчик	18.13.4

Отверстие или горловина	18.17A1.2
Отвес	18.18.2
Открытость	18.18.3
Относительная ось	18.13.1
Отражатель	18.13.4
Параболическая антенна	18.18.3
Парциальный расходомер	18.17E22
Первичный измерительный преобразователь	18.15
Перепад давления	18.17A1.2
Пирометр излучения	18.15
Пирометр стационарный	18.15
Пирометр переносной	18.15
Планарная антенна	18.18.3
Пластина	18.18.2
Повторитель	18.14
Полевая или сенсорная сеть	18.14
Полюс электрической цепи	18.18.2
Поплавковый расходомер	18.17A3
Поплавковый способ с поворачивающимся поплавком	18.18.3
Поплавковый уровнемер с магнитным указателем	18.18.3
Поплавковый уровнемер с магнитными флажками	18.18.3
Поплавковый уровнемер магнитострикционный	18.18.3
Поплавковый уровнемер с герконовыми релейными элементами	18.18.3
Поплавковый уровнемер с сероприводом	18.18.3
Поплавков	18.18.2
Порог чувствительности исполнительного устройства	18.23
Поршневой расходомер	18.17A3
Поршневой счетчик	18.17A3
Преобразователь интерфейсов	18.14
Преобразователь расхода	18.17.1
Приемник	18.13.4
Проведение поверки	18.17K

Пропускная способность (K_v)	18.23
Простота интерфейса оператора системы	18.18.3
Протокол	18.14
Провер	18.17К
Рабочая среда	18.9
Радарный уровнемер	18.18.3
Радиационный пирометр	18.15
Расстояние срабатывания	18.13.1
Расход	18.17.1
Расходомер	18.17.1
Расходомер со счетчиком	18.17.1
Расходомер сыпучих	18.17E23
Расходомер электромагнитный	18.17B9
Расходомер акустический (ультразвуковой)	18.17B10
Расходомер с левитирующим шаром	18.17A3
Расходомер с прецессией воронкообразного вихря	18.17A3
Расходомер тепловой	18.17.B8
Рациональность	18.18.3
Реальное расстояние срабатывания (S_r)	18.13.1
Регулирование	18.11
Регулирующий орган (РО)	18.23
Регулятор	18.22
Регулятор микропроцессорного типа	18.22
Регулятор аппаратного типа	18.22
Регулятор приборного типа	18.22
Регулятор прямого действия	18.23
Репитер	18.14
Рефлектометрический уровнемер с реакцией на диэлектрические свойства веществ	18.18.3
Ротаметр	18.17A3
Роторно-шаровый расходомер	18.17A3
Роторный счетчик	18.17A3
Рупорная (конусная) антенна	18.18.3

Сегмент	18.14
Сенсор термосопротивления	18.15
Сенсор термоэлектрический	18.15
Сервопривод	18.18.3
Силовой расходомер	18.17Б7
Система инженерная	18.10
Система технологическая	18.10
Слепая зона	18.13.4
Сопло	18.17А1.2
Сопло ИСА 1932	18.17А1.2
Сопло Вентури	18.17А1.2
Средство автоматизации (СА)	18.1
Степень защиты	18.4
Стержень	18.18.2
Стержневая антенна	18.18.3
Струевыпрямитель	18.17А1.3
Сужающее устройство СУ	18.17А1.2
Счетчик количества (счетчик)	18.17.1
Счетчик роторно-лопастного типа	18.17А3
Термоанемометрический уровнемер	18.18.3
Технические средства (ТС) АСУТП	18.1
Техническое функционирование	18.11
Технологический объект управления (ТОУ)	18.10
Тип R	18.13.4
Тип D	18.13.4
Тип T	18.13.4
Токоведущая опасная часть	18.4
Точечный метод отбора давления	18.17А1.4
Трехрадиусный (радиальный) способ	18.17А1.4
Тройник	18.17А1.3
Трос	18.18.2
Труба Вентури	18.17А1.2

Трубный пружер	18.17К
Трубопровод	18.10
Трубчатая антенна	18.18.3
Турбинный расходомер	18.17А3
Угловой способ отбора давления	18.17А1.4
Ультразвуковой уровнемер	18.18.3
Ультразвуковой ВБ	18.13.1
Уровнемер с поплавком на гибком отвесе	18.18.3
Уровнемер на основе измерения электрического поля	18.18.3
Уровнемер с вращающимся элементом	18.18.3
Уступ	18.17А1.3
Фланцевый способ отбора давления	18.17А1.4
Хаб	18.14
Частота циклов срабатывания (f)	18.13.1
Шариковый расходомер	18.17А3
Щуп	18.18.2
Электрод	18.18.2
Электропроводящие вещества	18.17А3
Элемент трубопровода (короба)	18.10
Эллипсное сопло	18.17А1.2
Юридическая достоверность	18.18.3

18.26. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

ГОСТ 8.563.1-97	Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количество жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Диафрагмы, сопло ИСА 1932 и трубы Вентури, установленные в заполненных трубопроводах круглого сечения. Технические условия.
ГОСТ 8.586.1-2005	ГСОЕИ. Измерение расхода и количество жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования
ГОСТ 8.586.2-2005	ГСОЕИ. Измерение расхода и количество жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования
ГОСТ 8.586.3-2005	ГСОЕИ. Измерение расхода и количество жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3
ГОСТ 8.586.4-2005	ГСОЕИ. Измерение расхода и количество жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури
ГОСТ 8.595-2002	ГСОЕИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений
ГОСТ 12.1.005-88	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.011-78 (СТ СЭВ 2775-80)	ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
ГОСТ 21.110-95	СПДС. Правила выполнения спецификаций оборудования, изделий и материалов
ГОСТ 21.401-88	СПДС. Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам
ГОСТ 21.404-85	СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах
ГОСТ 26.011-80	Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные
ГОСТ 26.012-80	Средства измерения и автоматизации. Сигналы гидравлические входные и выходные

ГОСТ 26.013-81	Средства измерения и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные
ГОСТ 26.014-81	Средства измерений и автоматизации. Сигналы электрические кодированные входные и выходные
ГОСТ 26.015-81	Средства измерений и автоматизации. Сигналы пневматические входные и выходные
ГОСТ 27.003-90	Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности
ГОСТ 34.003-90	ИТ КСАС. Автоматизированные системы. Термины и определения
ГОСТ 12821-80	Фланцы стальные приварные встык на Ру от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см ²)
ГОСТ 17516.1-90	Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам
ГОСТ 6019-83	Счетчики холодной воды крыльчатые. Общие технические условия
ГОСТ 6651-94	Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ 12997-84	Изделия ГСП. Общие технические условия
ГОСТ 13033-84	ГСП. Приборы и средства автоматизации электрические аналоговые. Общие технические условия
ГОСТ 13053-76	Приборы и устройства пневматические ГСП. Общие технические условия
ГОСТ 14012-76*	Руководящие указания по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для аудиторов в области экологии
ГОСТ 14167-83	Счетчики холодной воды турбинные. Технические условия
ГОСТ 14254-96	Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
ГОСТ 14691-69	Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. Термины
ГОСТ 15150-69	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды
ГОСТ 15528-86	Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения
ГОСТ 17216-71	Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей
ГОСТ 17516.1-90	Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 18140-84	Манометры дифференциальные ГСП. Общие технические условия
ГОСТ 19433-88	Грузы опасные. Классификация и маркировка
ГОСТ 22520-85	Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими аналоговыми выходными сигналами ГСП. Общие технические условия
ГОСТ 22836-77	Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Определение направления вращения
ГОСТ 24682-81	Изделия электротехнические. Общие технические требования в части стойкости к воздействию специальных сред
ГОСТ Р 8.585-2001	Строительные конструкции и изделия. Книга 1. Разделы 1–3
ГОСТ Р 50030.5.2-99	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5.2. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Бесконтактные датчики
ГОСТ Р 51330.0-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования
ГОСТ Р 51330.1-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1. Взрывозащита вида «взрывонепроницаемая оболочка»
ГОСТ Р 51330.10-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 2. Искробезопасная электрическая цепь «i»
МИ 2333-95	Методика выполнения измерений с помощью специальных износостойчивых диафрагм
НПБ 105-03	Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
НПБ 110-03	Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.
ОСТ 34258-75	Опоры и подвески стационарных трубопроводов низкого давления – $P_y \leq 40$ кгс/см ² (4 МПа). Опоры скользящие хомутовые
ОСТ 34259-75	Опоры и подвески стационарных трубопроводов низкого давления – $P_y \leq 40$ кгс/см ² (4 МПа). Опоры скользящие бутельные
ОСТ 34263-75	Опоры и подвески стационарных трубопроводов низкого давления – $P_y \leq 40$ кгс/см ² (4 МПа). Опоры скользящие с направляющим хомутом

ОСТ 34269-75	Опоры и подвески стационарных трубопроводов низкого давления — $P_y \leq 40$ кгс/см ² (4 МПа). Опоры скользящие
ОСТ 34270-75	Опоры и подвески стационарных трубопроводов низкого давления — $P_y \leq 40$ кгс/см ² (4 МПа). Блоки двухкатковых опор
ПБ 09-540-03	Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств
ППБ 01-93*	Правила пожарной безопасности в Российской Федерации
ПУЭ-87 6-е издание	Правила устройства электроустановок. Издание 6. Раздел 7. Главы 7.3; 7.4
ПУЭ 7-е издание	Правила устройства электроустановок
РД 50-411-83	Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств
РД 39-0147171-003-88	Требования к установке датчиков стационарных газоанализаторов в производственных помещениях и на наружных площадках предприятий нефтяной и газовой промышленности
РМ 4-239-91	Системы автоматизации. Словарь-справочник по терминам
РМГ 29-99	ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации
СО 153-34.21.122-2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций
ТУ—газ—86	Требование к установке сигнализаторов и газоанализаторов

СТАНДАРТЫ ОБОЛОЧЕК И КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ПО NEMA

NEMA (National Electrical Manufacturers Association – национальная ассоциация производителей электротехнического оборудования) установила стандарты для оболочек, предназначенных для защиты от экологического (внешнего) загрязнения. Описание типов оболочек соответствует NEMA 250-1997. Полную и детальную информацию содержит публикация стандарта NEMA 250-1997 «Оболочки для электрического оборудования (максимально до 1000 Вольт)».

СТАНДАРТЫ ДЛЯ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ МЕСТ УСТАНОВКИ

Тип 1. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли.

Тип 2. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты против капель и слабых брызг жидкости.

Тип 3. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от дождя, дождя со снегом, снега и клубов пыли (разносимых ветром);
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 3R. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от дождя, дождя со снегом, снега;
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 3S. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от дождя, дождя со снегом, снега и клубов пыли (разносимых ветром);
- для обеспечения очистки внешних подвижных частей и их действия (работоспособности) при обледенении оболочки.

Тип 4. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от дождя, дождя со снегом, снега и клубов пыли (разносимых ветром);
- для защиты от струй воды и струй воды под давлением (из брандспойта);
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 4Х. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от дождя, дождя со снегом, снега и клубов пыли (разносимых ветром);
- для защиты от струй воды и струй воды под давлением (из брандспойта);
- для защиты от коррозии;
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 5. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от циркулирующей пыли, волокон, нитей, летучих мелких частиц (возможно насекомых);
- для защиты от капель и слабых брызг жидкости.

Тип 6. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от направленных струй под давлением (из брандспойта);
- для защиты от случайного недлительного (временного) погружения в воду на ограниченную (незначительную) глубину;
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 6Р. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри и вне помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от направленных струй под давлением (из брандспойта);
- для защиты от непреднамеренного длительного погружения в воду на ограниченную глубину;
- для обеспечения работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки.

Тип 11. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты против падающей грязи;
- для защиты против капель и слабых брызг жидкости;
- для защиты от коррозии.

Тип 12. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от циркулирующей пыли, волокон, нитей, летучих мелких частиц (возможно насекомых);
- для защиты от капель и слабых брызг жидкости.

Тип 12К. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от циркулирующей пыли, волокон, нитей, летучих мелких частиц (возможно насекомых);
- для защиты от капель и слабых брызг жидкости.

Тип 13. Оболочки, сконструированные (предназначенные):

- для использования внутри помещений;
- для защиты персонала от случайного (непреднамеренного) контакта с защищаемым оборудованием;
- для защиты от осаждающейся атмосферной пыли;
- для защиты от циркулирующей пыли, волокон, нитей, летучих мелких частиц (возможно насекомых);
- для защиты от проливов, брызг и протечей воды, нефтепродуктов и некоррозионных жидкостей.

**СТАНДАРТЫ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЛАСТЕЙ
(СООТВЕТСТВИЕ КОДАМ NFPA ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН)**

Тип 7. Оболочки, сконструированные для использования внутри помещений со взрывоопасными зонами, которые классифицируются как класс 1, дивизион 1, группы А, В, С и D, как определено в NFPA 70.

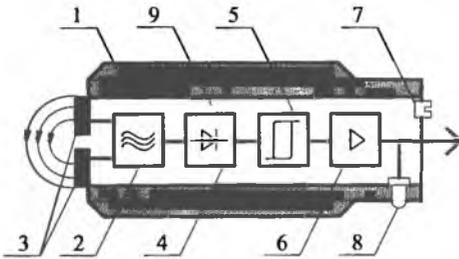
Тип 8. Оболочки, предназначенные для использования внутри помещений и в наружных установках со взрывоопасными зонами, которые классифицируются как класс 1, дивизион 1, группы А, В, С и D, как определено в NFPA 70.

Тип 9. Оболочки, предназначенные для использования внутри помещений со взрывоопасными зонами, которые классифицируются как класс 2, дивизион 1, группы А, В, С и D, как определено в NFPA 70.

Тип 10. Оболочки, сконструированные для выполнения требований «Собственная безопасность и здоровье администрации» 30CFR, часть 18.

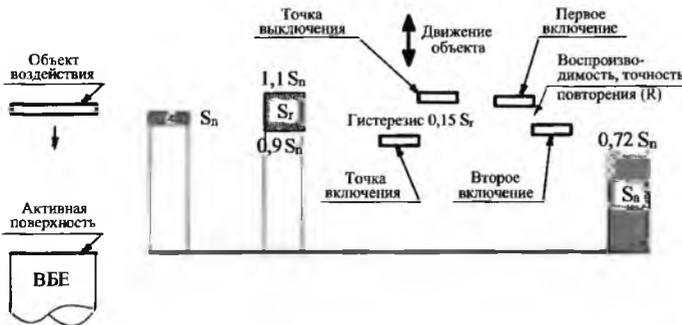
ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ ВВЕ

Устройство ВВЕ



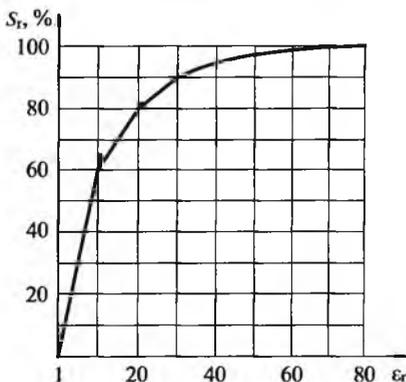
1. Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется монтажными изделиями.
2. Генератор обеспечивает электрическое поле взаимодействия с объектом.
3. Электроды чувствительного элемента на активной поверхности.
4. Демодулятор преобразует изменение амплитуды высокочастотных колебаний генератора в изменение постоянного напряжения.
5. Триггер обеспечивает необходимую крутизну фронта сигнала переключения и значение гистерезиса.
6. Усилитель увеличивает выходной сигнал до необходимого значения.
7. Подстроечный элемент обеспечивает изменение расстояния срабатывания.
8. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.
9. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.

Диаграмма функционирования ВВЕ



S_1 и S_2 в технических характеристиках ВВЕ относятся к заземленному металлическому объекту воздействия ($S_r = 100\%$). Стандартный объект воздействия — квадратная пластина из стали Ст3 толщиной 1 мм со стороной $3S_n$.

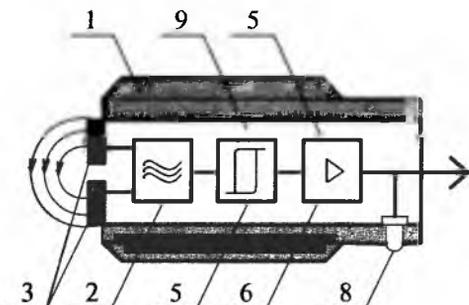
Зависимость реального расстояния срабатывания S_r от диэлектрической проницаемости материала объекта ϵ_r



Материал	ϵ_r	Материал	ϵ_r
Аммиак	16	Поливинилхлорид	2,9
Арадит	3,6	Полипропилен	2,3
Бакелит	3,6	Полистирол	3,0
Бензол	2,3	Полиэтилен	2,3
Бумага	2,3	Резина мягкая	2,5
Бумага промасленная	4,0	Резина силиконовая	2,8
Винилпласт	4,0	Скипидар	2,2
Вода	80	Слюда	6,0
Воздух	1,0	Спирт этиловый	25,8
Гетинакс	4,5	Стекло	5,0
Древесина	2-7	Стеклотекстолит	5,5
Кварцевый песок	4,5	Тальк	1,8
Кварцевое стекло	3,7	Текстолит	7,5
Керосин	2,2	Толуол	2,4
Компаунд кабельный	2,5	Фанера	4,0
Масло трансформаторное	2,2	Фарфор	4,4
Мрамор	8,0	Фторопласт (тефлон)	2,0
Нефть	2,2	Целлулоид	3,0
Оргстекло	3,2	Цемент	2,0
Парафин	2,2	Эбонит	4,0
Полиамид	5,0	Электрокартон	4,0

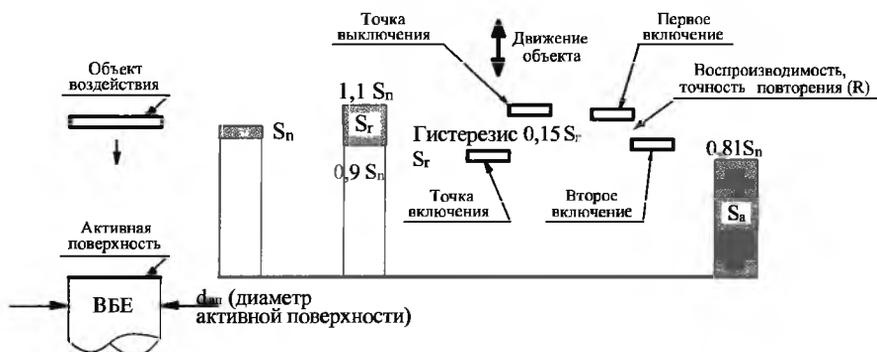
ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ ВБИ

Устройство ВБИ



1. Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется монтажными изделиями.
2. Генератор создает электромагнитное поле взаимодействия с объектом.
3. Электроды чувствительного элемента на активной поверхности.
4. Отсутствует.
5. Триггер обеспечивает гистерезис при переключении и необходимую длительность фронтов сигнала управления.
6. Усилитель увеличивает амплитуду сигнала до необходимого значения.
7. Отсутствует.
8. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.
9. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.

Диаграмма функционирования ВБИ



Зависимость К от площади объекта воздействия



S исп. объекта — площадь используемого объекта воздействия.
 S ст. объекта — площадь стандартного объекта воздействия, большая из $(d_m)^2$ или $(3S_r)^2$.

Поправочный коэффициент К для некоторых металлов и сплавов

Материал	К
Сталь 40	1,0
Медь	0,25–0,45
Латунь	0,35–0,50
Алюминий	0,35–0,45
Нерж. сталь	0,60–1,00
Никель	0,65–0,75
Нихром	0,82–0,90
Чугун	0,93–1,05

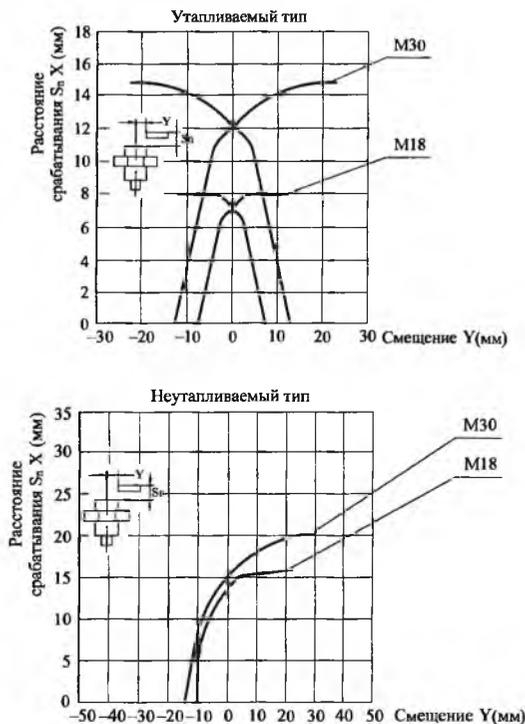
Стандартный объект воздействия — квадратная пластина из стали Ст40 толщиной 1 мм.

Окончание прил. 18.Пр3

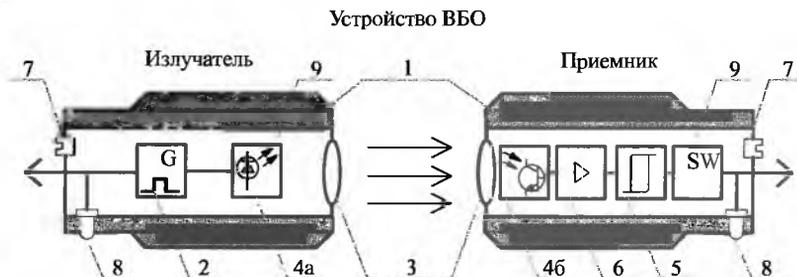
Справочная таблица зависимости расстояния и частоты циклов срабатывания от типоразмера на примере ВБИ

Типоразмер ВБИ	Расстояние срабатывания S_n , мм	Частота циклов срабатывания при постоянной скорости движения V , Гц	Исполнение	
			Утапливаемое	Неутапливаемое
M08	1,5	1500	+	-
	2,5	1000	-	+
M12	2	800	+	-
	4	400	-	+
M18	5	600	+	-
	8	300	-	+
M30	10	300	+	-
	15	150	-	+
П40×40	20	150	+	-
	25	100	-	+
Ф60 фланцевое	25	100	+	-
	35	50	-	+
	55	25	-	+
Ф270×165	150	10	-	+
	100	10	-	+
Щ06 щелевое	6	1000	+	-
Щ10	10	500	+	-
Щ25	25	200	+	-

* Все ВБИ переменного тока допускают частоту циклов срабатывания 10 Гц.



ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ ВБО



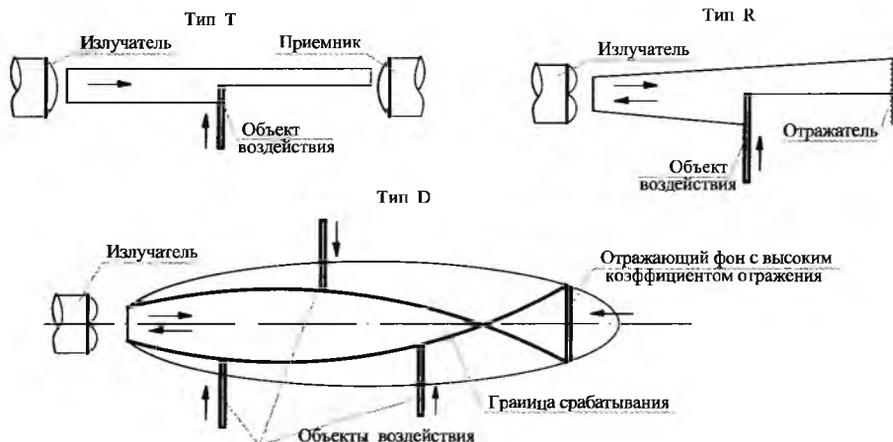
1. Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями.
2. Генератор вырабатывает последовательность электрических импульсов на излучатель.
3. Оптическая система формирует диаграмму направленности излучения.
- 4а. Излучатель — светодиод, создающий излучение оптического диапазона.
- 4б. Фотоприемник воспринимает оптическое излучение и преобразует его в электрический сигнал.
5. Пороговый элемент обеспечивает необходимую крутизну фронта выходного сигнала и величину гистерезиса.
6. Усилитель увеличивает входной сигнал до необходимого значения.
7. Подстроечный элемент позволяет производить настройку выключателя по фактической контрастности объекта на фоне окружающих предметов.
8. Светодиодный цветной индикатор показывает состояние выключателя, позволяет определить функциональный резерв по выбранному объекту, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.
9. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.

Поправочный коэффициент К

Материал	К
Белая бумага	1,20
Картон	0,80
Древесина чистая	1,20
Черная резина	0,03
Непрозрачный черный пластик	0,20
Непрозрачный белый пластик	1,50
Непрозрачная пластиковая бутылка	0,60
Прозрачная коричн. пластиковая бутылка	1,00
Алюминий необработанный	2,50
Алюминий обработанный	1,70
Сталь нержавеющая	7,50
Горячекатаная сталь	1,00
Холоднокатаная сталь	1,50

Стандартный объект воздействия — пластина из горячекатаной стали Ст40 размерами 100×100 мм при $S < 400$ мм, 200×200 мм при $S > 400$ мм — $K = 1,00$.
Зона чувствительности ВБО определяется при перемещении стандартного объекта воздействия вдоль относительной оси излучения.

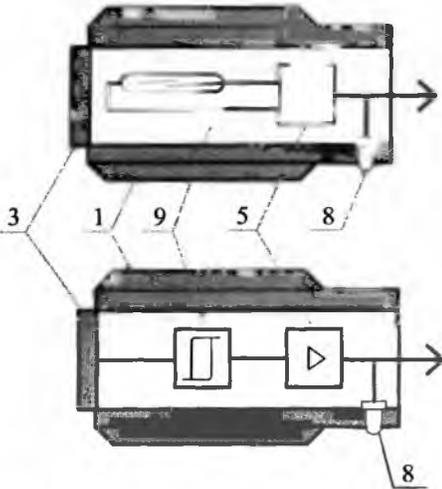
Диаграмма функционирования ВБО



ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ ВБМ

Устройство ВБМ

ВБМ с механическим чувствительным элементом (герконом)



1. Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями.

2. Отсутствует.

3. Чувствительный элемент на эффекте Холла воспринимает изменение магнитного поля.

3а. Геркон реагирует на изменения напряженности постоянного магнитного поля и производит коммутацию электрического тока.

4. Схема индикации обеспечивает работу индикатора при срабатывании геркона.

5. Триггер обеспечивает необходимую крутизну фронта сигнала переключения и значение гистерезиса.

6. Усилитель увеличивает выходной сигнал до необходимого значения.

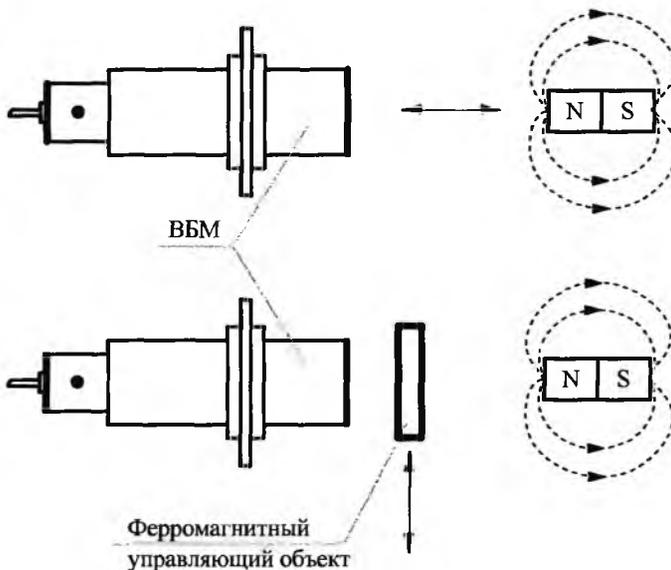
7. Отсутствует.

8. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.

9. Компануд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.

ВБМ с немеханическим чувствительным элементом

Принцип работы



Приложение 18.Пр6
(справочное)

ТРЕБОВАНИЕ К УСТАНОВКЕ СИГНАЛИЗАТОРОВ И ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ (ТУ-ГАЗ-86)

1. Общие положения

1.1. Настоящие Требования распространяются на вновь разрабатываемые проекты строительства и реконструкции производств нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР.

1.2. Требования определяют порядок установки автоматических стационарных непрерывно действующих сигнализаторов и систем сигнализации дозрывных концентраций газов и паров в воздухе производственных помещений и наружных установок, а также сигнализаторов и газоанализаторов предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

1.3. В соответствии с настоящими Требованиями проектные организации определяют тип, количество сигнализаторов и газоанализаторов и места отбора проб газов и паров с учетом местных условий, технологических особенностей производства и т. д.

1.4. При проектировании, монтаже и эксплуатации стационарных автоматических средств контроля и сигнализации вредных и взрывоопасных газов и паров наряду с настоящими Требованиями и правилами следует руководствоваться соответствующими строительными нормами и правилами, Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Указаниями по проектированию электроустановок в системах автоматизации производственных процессов, правилами и нормами по технике безопасности, утвержденными или согласованными Миннефтехимпром СССР, и инструкциями заводов-изготовителей.

1.5. Датчики сигнализаторов и газоанализаторов, а также сигнальная аппаратура, устанавливаемые во взрывоопасных зонах, должны соответствовать категориям взрывоопасных смесей, которые могут образовываться в этих зонах.

1.6. Сигнализаторы дозрывных концентраций, при их серийном производстве, должны устанавливаться:

- во взрывоопасных зонах класса В-Ia, а также в зонах класса В-Iб, указанных в подпункте 1 пункта УП-3-42 ПУЭ;
- во взрывоопасных зонах класса В-Iг;
- в заглубленных помещениях с нормальной средой, куда возможно затекание горючих газов и паров извне.

1.7. Сигнализаторы и газоанализаторы предельно допустимых концентраций вредных веществ при их серийном производстве должны устанавливаться во всех производственных помещениях с наличием вредных веществ независимо от класса их опасности.

1.8. При установке газоанализаторов или сигнализаторов для контроля предельно допустимых концентраций установка сигнализаторов дозрывных концентраций на данное вещество не требуется.

1.9. Сигнализаторы дозрывных концентраций при содержании горючих газов и паров 5–50 % от нижнего предела воспламенения (НПВ), а также газоанализаторы и сигнализаторы предельно допустимых концентраций при содержании вредных ве-

Продолжение прил. 18.Прб

ществ, превышающих предельно допустимые (ПДК), должны автоматически включать светозвуковую сигнализацию, оповещающую о наличии опасных концентраций взрывоопасных веществ.

В случаях необходимости, определяемой проектной организацией, от импульса датчиков дозрывных концентраций должно предусматриваться автоматическое отключение технологического оборудования или включение системы защиты.

1.10. Световой и звуковой сигналы о наличии опасных концентраций взрывоопасных или вредных веществ должны подаваться для постоянно обслуживаемых помещений – в загазованное помещение, для периодически обслуживаемых помещений – у входа в помещение.

Кроме того, сигналы одновременно должны подаваться в операторную или пункт управления производственным комплексом.

1.11. Сигналы о срабатывании датчика сигнализатора дозрывных концентраций, установленного на открытой площадке, должны подаваться:

- в операторную или пункт управления производственным комплексом – световой и звуковой;
- на открытую площадку – только звуковой.

1.12. Световая сигнализация оформляется в виде светового табло, устанавливаемого в хорошо обозреваемом месте.

Световое табло целесообразно размещать отдельно от сигнализации параметров технологического контроля.

1.13. В производственных помещениях с наличием аварийной вытяжной вентиляции газоанализаторы и сигнализаторы необходимо блокировать с пуском аварийной вентиляции. Она должна автоматически включаться в работу при срабатывании датчиков газоанализаторов и сигнализаторов.

1.14. Отбор проб контролируемого воздуха к датчикам сигнализаторов и газоанализаторов следует предусматривать в местах наиболее вероятного выделения и скопления газов и паров в зависимости от их свойств, количества, а также конструктивных особенностей оборудования с соблюдением при этом указаний, изложенных в разделах 2 и 3 настоящих Требований.

2. Порядок установки сигнализаторов и газоанализаторов в производственных помещениях

2.1. В помещениях компрессорных датчик сигнализатора дозрывных концентраций горючих газов и паров следует предусматривать у каждого компрессорного агрегата в районе наиболее вероятных источников утечек перекачиваемой среды (сальники, лабиринтные уплотнители и т. д.) на расстоянии не более 1 м (по горизонтали) от них.

2.2. В помещении насосных сжиженных газов следует устанавливать один датчик сигнализатора дозрывных концентраций на насос или группу насосов, при условии, если расстояние от датчика до наиболее удаленного места возможных утечек в этой группе насосов не превышает трех метров (по горизонтали).

2.3. В помещении насосных легковоспламеняющихся жидкостей, а также в других взрывоопасных помещениях следует предусматривать одно пробоотборное устройство сигнализатора дозрывных концентраций на группу насосов, аппаратов

Продолжение прил. 18.Пр6

или другого оборудования, при этом расстояние от пробоотборного устройства до наиболее удаленной точки возможных утечек в этой группе насосов, аппаратуры или другого оборудования не должно превышать четырех метров (по горизонтали).

2.4. В заглубленных помещениях насосных сточных вод, оборотного водоснабжения и др., куда возможно затекание взрывоопасных газов и паров извне, а также складских помещений при хранении в них ЛВЖ и горючих газов следует предусматривать по одному пробоотборному устройству сигнализатора дозрывных концентраций на каждые 100 м² площади помещения, но не менее одного датчика на помещение.

2.5. Пробоотборные устройства сигнализаторов дозрывных концентраций следует размещать по высоте помещения в соответствии с плотностями газов и паров с учетом поправки на температуру:

- при выделении легких газов с плотностью по воздуху менее 1 – над источником;
- при выделении газов с плотностью по воздуху от 1 до 1,5 – на высоте источника или ниже его;
- при выделении газов и паров с плотностью по воздуху более 1,5 – на высоте не более 0,5 м над полом.

[Плотность по воздуху некоторых газов и паров приведены в таблице 18.Т14].

2.6. При наличии в производственном помещении смеси горючих газов и паров с различными плотностями пробоотборные устройства сигнализаторов дозрывных концентраций следует размещать по высоте, исходя из плотности того компонента смеси, для которого величина отношения С/НПВ – наибольшая, где С – концентрация компонента в смеси. НПВ и С независимо друг от друга могут быть в любых единицах измерения, но одинаковых для всех компонентов смеси.

2.7. Пробоотборные устройства газоанализаторов и сигнализаторов предельно допустимых концентраций вредных веществ следует размещать в рабочей зоне помещения в местах постоянного или временного пребывания обслуживающего персонала на высоте 1–1,5 м. На каждые 200 м² площади помещения необходимо устанавливать одно пробоотборное устройство, но не менее 1 датчика на помещение.

2.8. При одновременном выделении в воздух рабочей зоны несколько вредных веществ должен осуществляться контроль предельно допустимой концентрации того вещества, для которого соотношение С/ПДК имеет наибольшее значение, где С – концентрация компонента в смеси.

2.9. При установке сигнализаторов и газоанализаторов дозрывных или предельно допустимых концентраций в производственных помещениях с несплошными и решетчатыми междуэтажными перекрытиями каждый этаж следует рассматривать как самостоятельное помещение.

2.10. Допускается (за исключением помещений компрессорных и насосных сжиженных газов) применять автоматические переключатели для попеременной подачи проб контролируемого воздуха от нескольких точек отбора к одному датчику. При этом периодичность анализа для каждой точки отбора не должна превышать 10 мин.

2.11. Газоподводящие линии к датчикам сигнализаторов и газоанализаторов следует выполнять из труб с внутренним диаметром от 6 до 12 мм. В месте отбора проб

Продолжение прил. 18.Прб

анализируемого воздуха они должны заканчиваться обращенными вниз воронками высотой от 100 до 150 мм и диаметром 50 до 100 мм.

2.12. Длина газопроводящих линий должна быть по возможности минимальной.

Время запаздывания поступления проб к датчику за счет газопроводящих линий не должно превышать 60 сек.

2.13. Материал пробоотборных устройств и газопроводящих линий должен обладать коррозионной устойчивостью к воздействию анализируемой и окружающей сред.

3. Порядок установки сигнализаторов дозврывоопасных концентраций на открытых установках

3.1. Датчики сигнализаторов дозврывных концентраций устанавливаются только на той части площади открытой установки, где расположено оборудование с взрывоопасными продуктами.

3.2. Ближайшие датчики не должны удаляться более чем на 6 м от внешнего периметра открытой установки в сторону расположения на ней оборудования, за исключением случаев, когда оборудование не имеет взрывопожароопасных продуктов. Датчики каждого последующего ряда по отношению к предыдущему ряду датчиков должны быть сдвинуты на величину их радиуса обслуживания, т. е. расположены в шахматном порядке.

3.3. Датчики сигнализаторов дозврывных концентраций следует устанавливать в местах наиболее вероятного выделения и скопления горючих паров и газов, но во всех случаях радиус обслуживания одного датчика не должен превышать 10 м.

При графическом определении требуемого количества датчиков образующиеся между кругами зоны защиты пространства, не обслуживаемые датчиками, учитывать не следует.

3.4. Датчики сигнализаторов следует располагать на высоте $0,5 \pm 1$ м от нулевой отметки.

3.5. На многоярусных открытых этажерках датчики устанавливаются только на нулевой отметке.

3.6. (Не приведен.)

3.7. По периметру наружной установки, обращенной к печам, должно быть установлено не менее одного датчика на печь, эти датчики сигнализаторов устанавливаются против каждой стороны печи, обращенной к открытой установке.

3.8. Расстояние от места расположения датчиков сигнализатора до печей должно быть не менее 15 м, но с соблюдением указаний, изложенных в пункте 3.3.

3.9. В открытых компрессорных горючих газов, насосных сжиженных газов и легковоспламеняющихся жидкостей, а также при положении насосов, расположенных по установке (секции), датчики сигнализаторов дозврывных концентраций устанавливаются с учетом указаний, изложенных в пунктах 2.1, 2.2, 2.3 настоящих Требований.

3.10. На сливноналивных эстакадах следует устанавливать один датчик на две цистерны на нулевой отметке вдоль каждого фронта налива или слива.

При двустороннем фронте налива или слива датчики следует располагать в шахматном порядке.

Окончание прил. 18.Прб

Примечание:

К открытым насосным и компрессорным относятся:

- насосные и компрессорные, расположенные на открытых площадках или под навесом с частичным ограждением боковых сторон;
- насосные с частичным ограждением боковых сторон, расположенные под по-
таментом открытых этажерок;
- неотапливаемые компрессорные со съемным или раздвигающимся огражде-
нием боковых сторон.

Рисунок 18.Р1

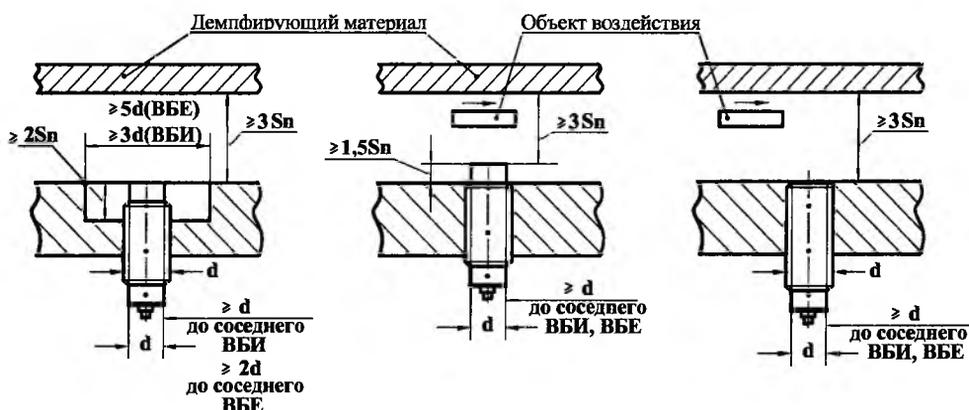
Установка выключателя бесконтактного на поверхности1. Монтаж выключателя,
не встраиваемого заподлицо2. Монтаж выключателя,
встраиваемого заподлицо

Рисунок 18.15.Р1

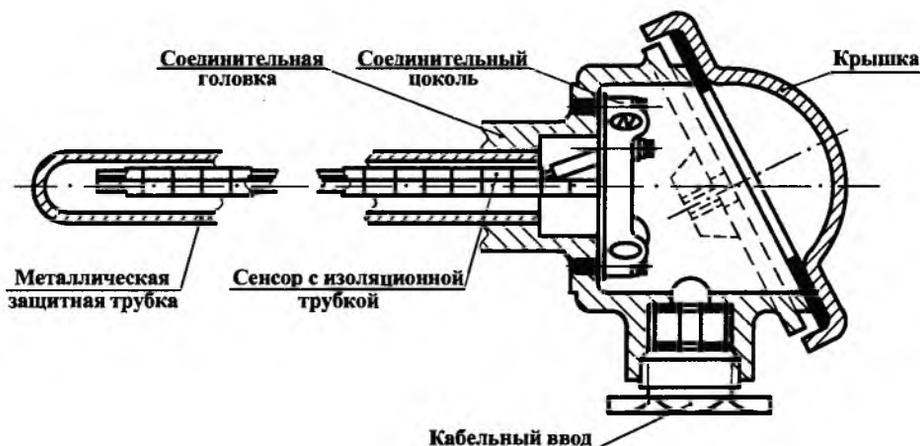
Конструкция первичного измерительного преобразователя температуры

Рисунок 18.15.Р2

Пределы допустимых отклонений ТЭДС в температурном эквиваленте от НСХ преобразований в рабочем диапазоне температур

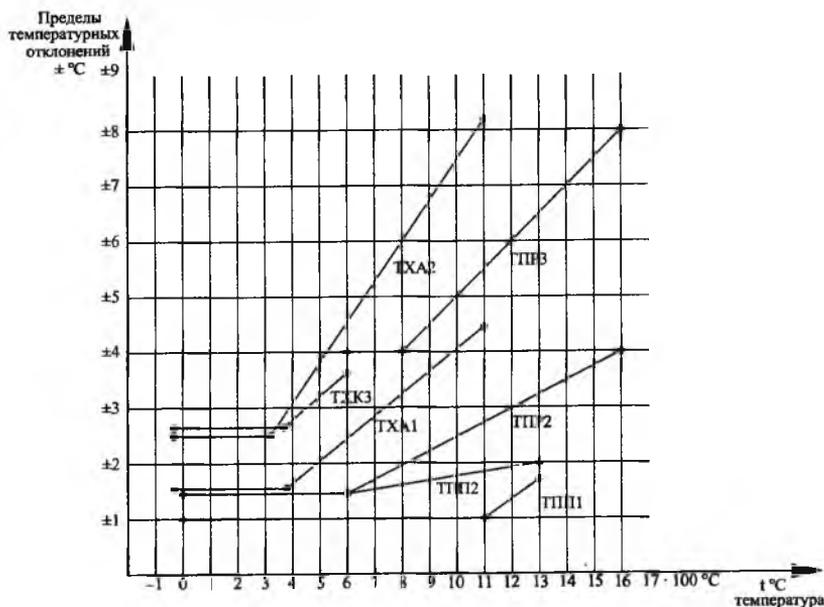


Рисунок 18.15.Р3

Пределы допустимых отклонений сопротивления в температурном эквиваленте от НСХ термопреобразователей сопротивления в рабочем диапазоне температур

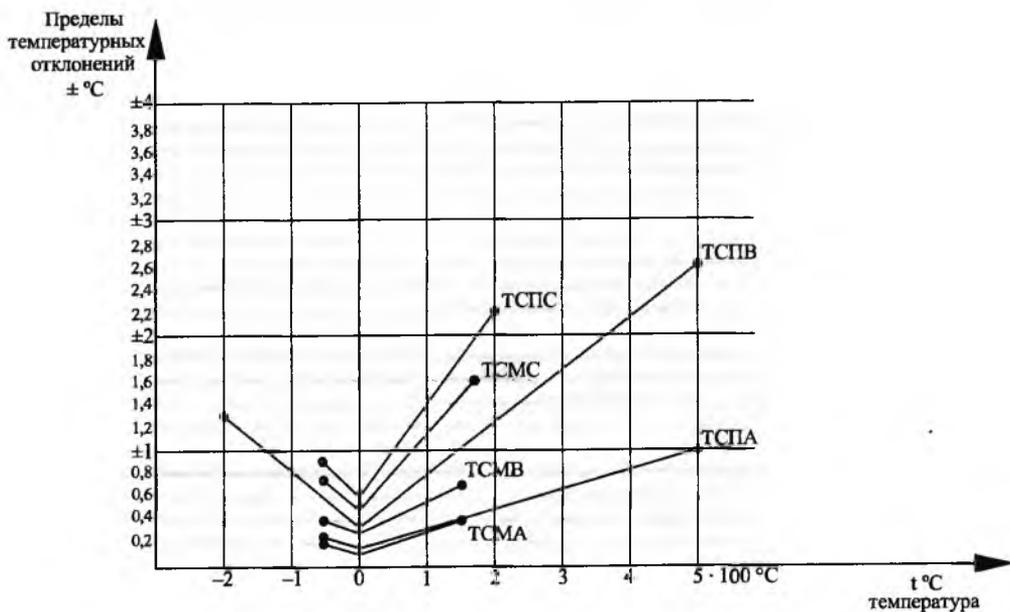


Рисунок 18.15.Р4

Защитная арматура в трубопроводе

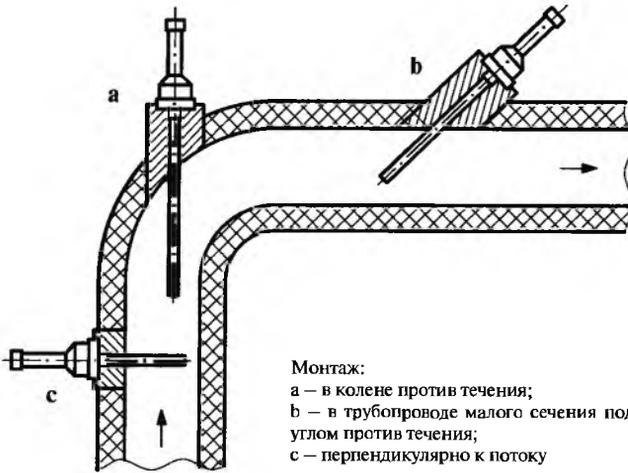


Рисунок 18.15.Р5

Области применения термометров

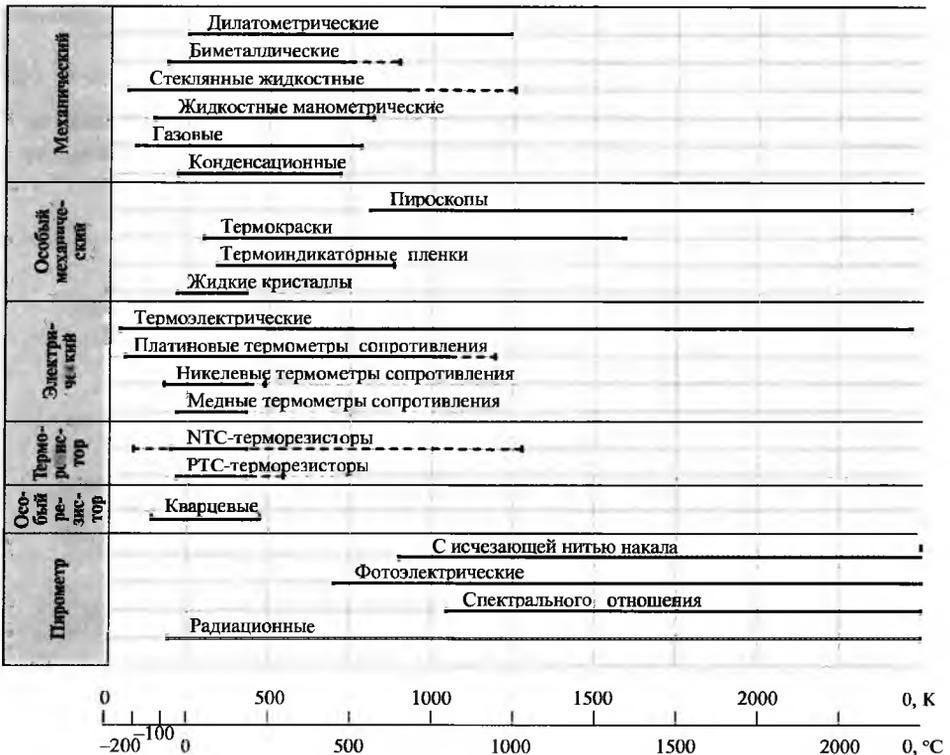
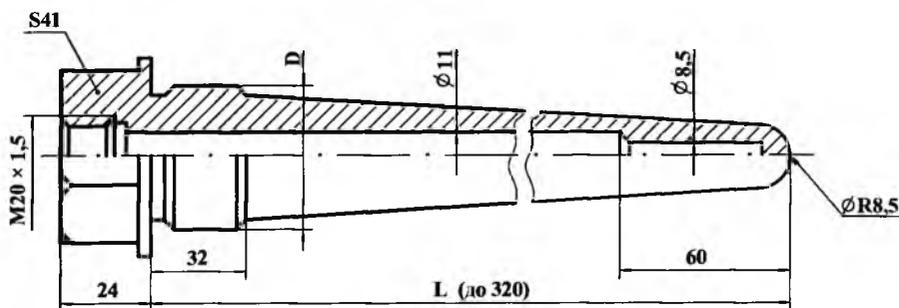


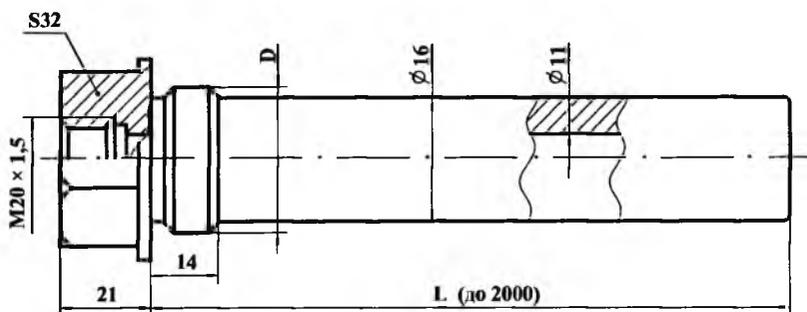
Рисунок 18.15.Р6

Защитные гильзы



Условия эксплуатации защитных гильз

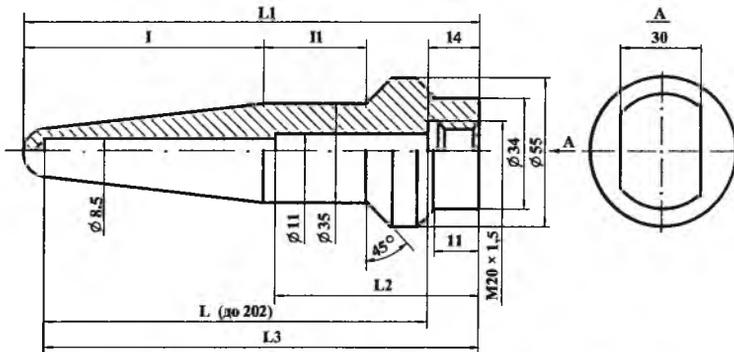
D	L, мм	Предельная скорость потока, м/с		Условное давление P, МПа
		пар	вода	
M33×2	120, 160	120	10	25
	200, 250, 320	100	7,5	



Условия эксплуатации защитных гильз

D	L, мм	Предельная скорость потока, м/с		Условное давление P, МПа
		пар	вода	
M20×1,5 M27×2 G3/4	80, 100, 120, 160	40	4	25
	200, 250, 320	25	2,5	
	400, 500, 630, 800, 1000	5	0,5	
	1250, 1600, 2000	2	0,2	

Окончание рис. 18.15.Р6

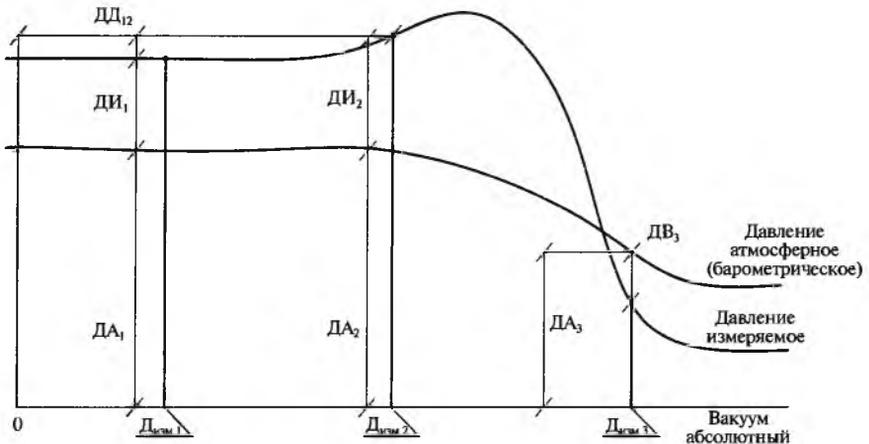


Условия эксплуатации защитных гильз

Размеры, мм						Пределная скорость потока, м/с		Условное давление Р, МПа
L	L1	L2	L3	I	II	Пар	Вода	
122	143	71	136	65	45	120	10	50
162	183	111	176	90	60			
202	223	151	216	115	75	100	7,5	

Рисунок 18.16.Р1

Виды давлений



Примечания:

ДА – давление атмосферное;

ДБ – давление барометрическое;

ДВ – давление вакуумметрическое (разряжение, вакуум);

ДД – давление дифференциальное (разряжение давлений);

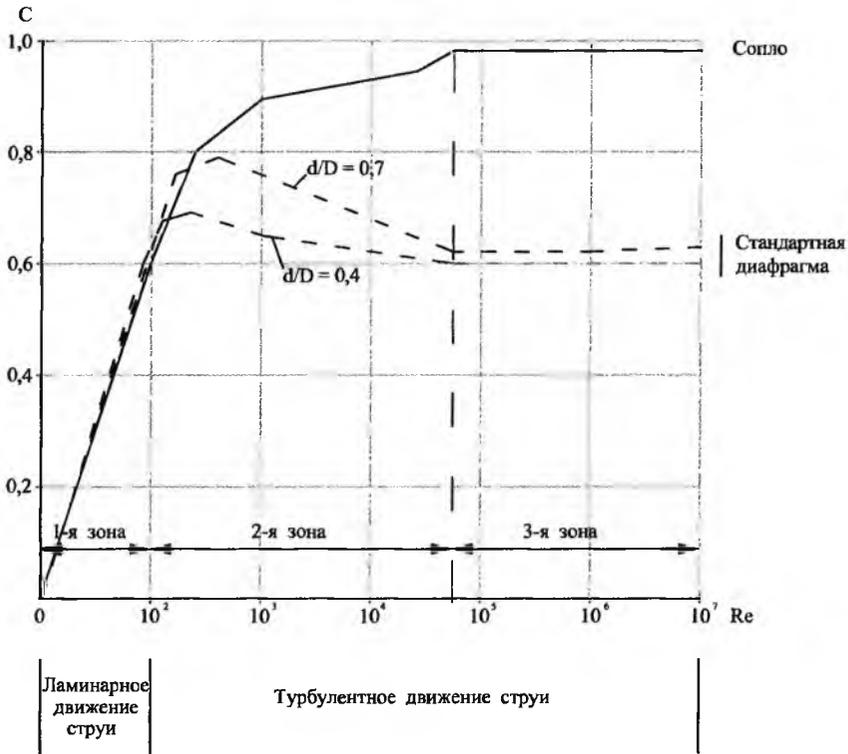
ДИ – давление избыточное;

Д_{изм.} – давление измеряемое;

$$D_{изм.1} = ДБ + ДИ_1 \text{ или } ДИ_1 = D_{изм.1} - ДБ$$

$$D_{изм.3} = ДБ + ДВ_3 \text{ или } ДВ_3 = D_{изм.1} - ДБ.$$

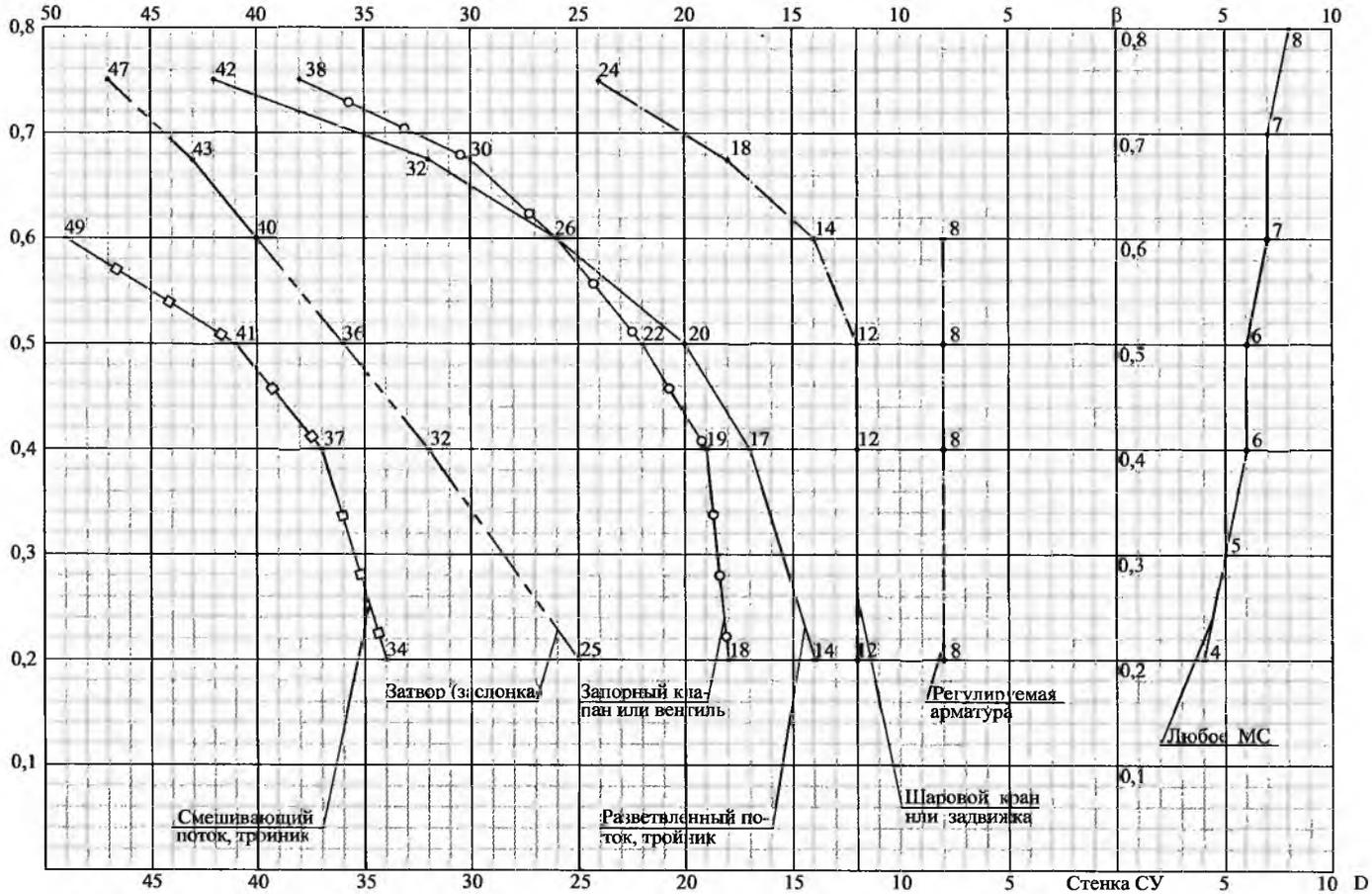
Рисунок 18.17.Р1

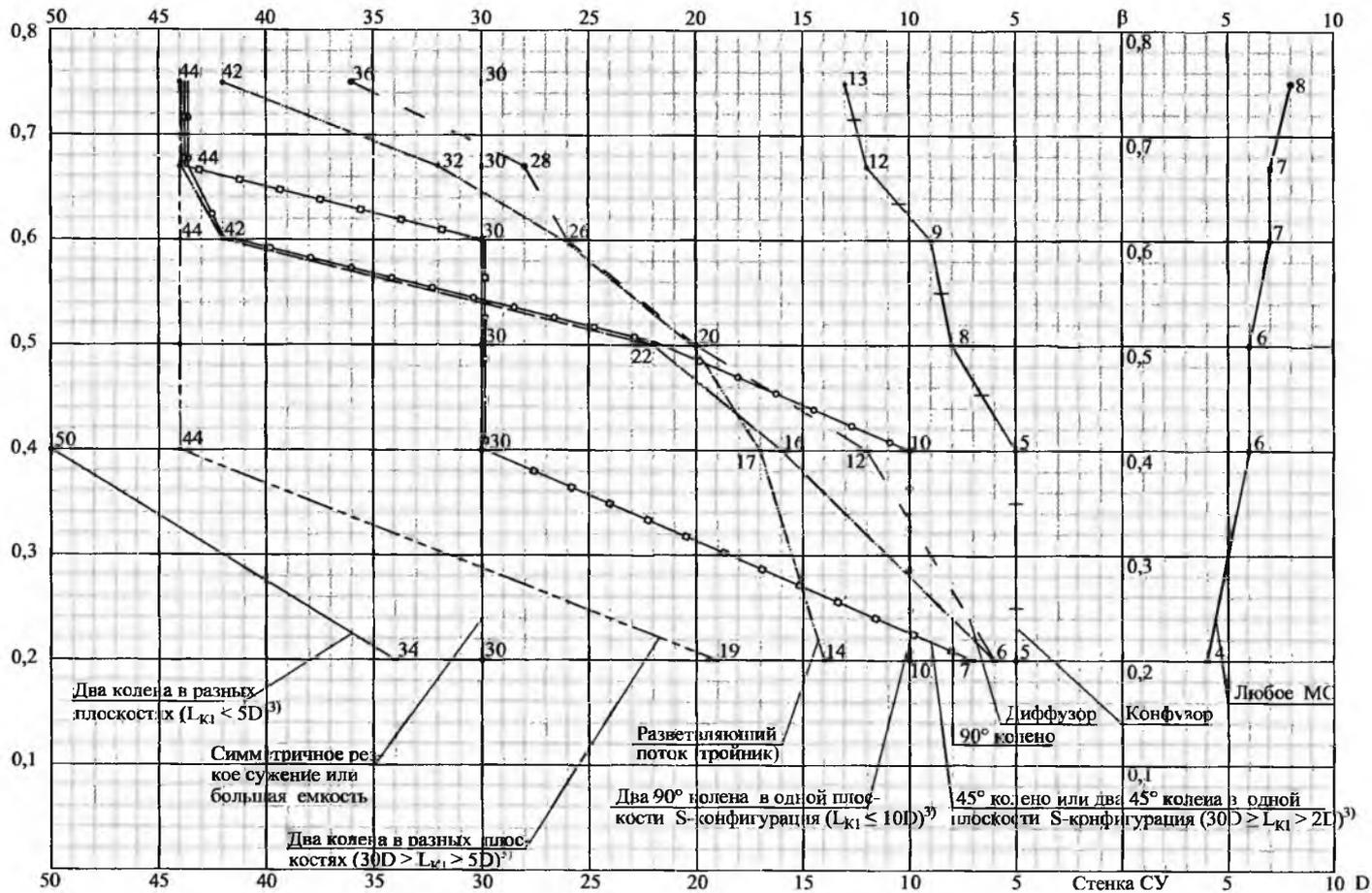
Зависимость коэффициента истечения C от числа Re 

Примечания:

- 1-я зона — плавное обтекание струей элементов СУ;
- 2-я зона — прекращается обтекание задней поверхности СУ, происходит сужение струи до определенного предела, зависящего от вида СУ, отношения $d/D = \beta$;
- 3-я зона — струя через СУ стабилизирована.

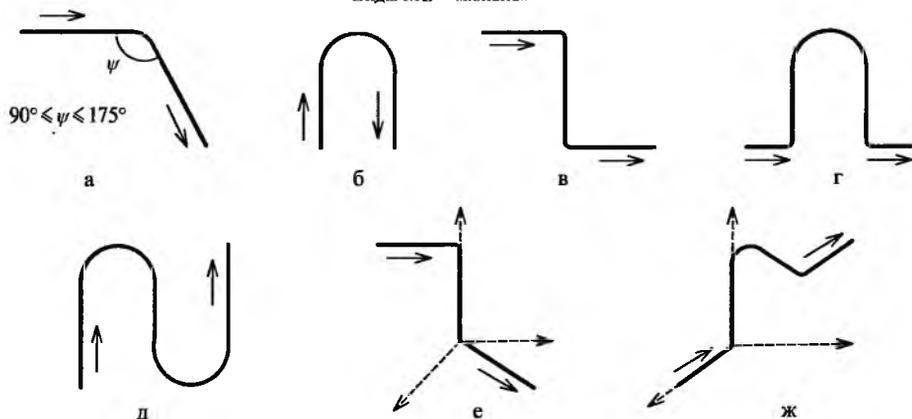
Наименьшее расстояние от СУ до местного сопротивления



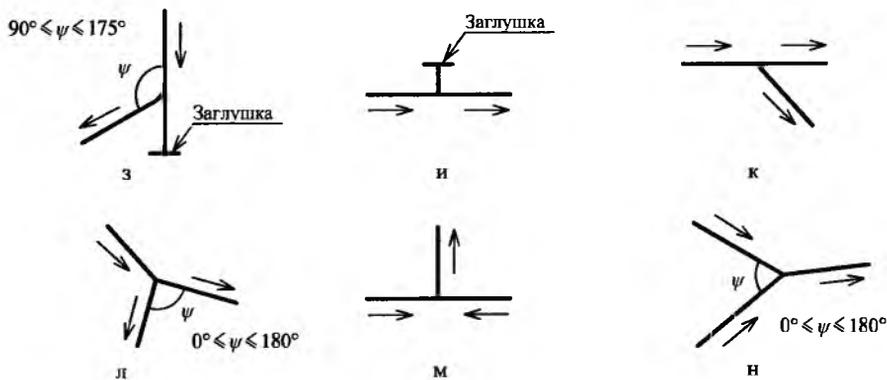


Некоторые виды местных сопротивлений МС

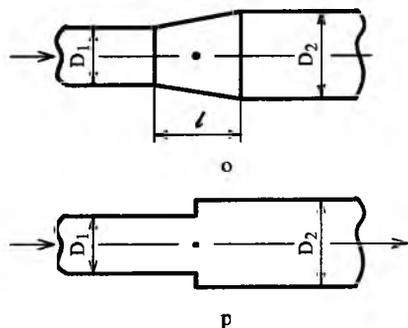
Виды МС – «колени»



Виды МС – «тройник»



Расширение и «диффузор»



Сужение и «конфузор»

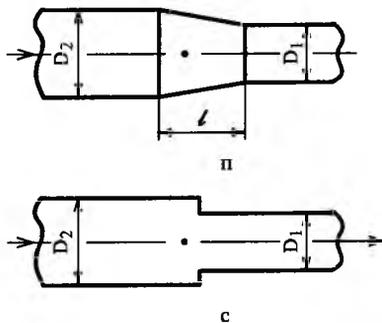
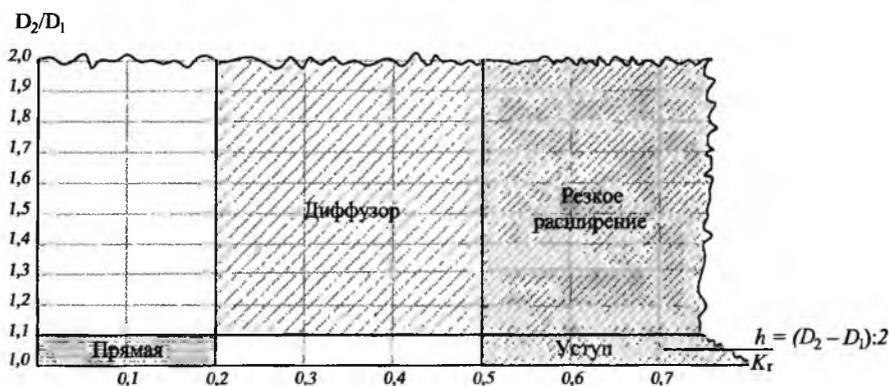
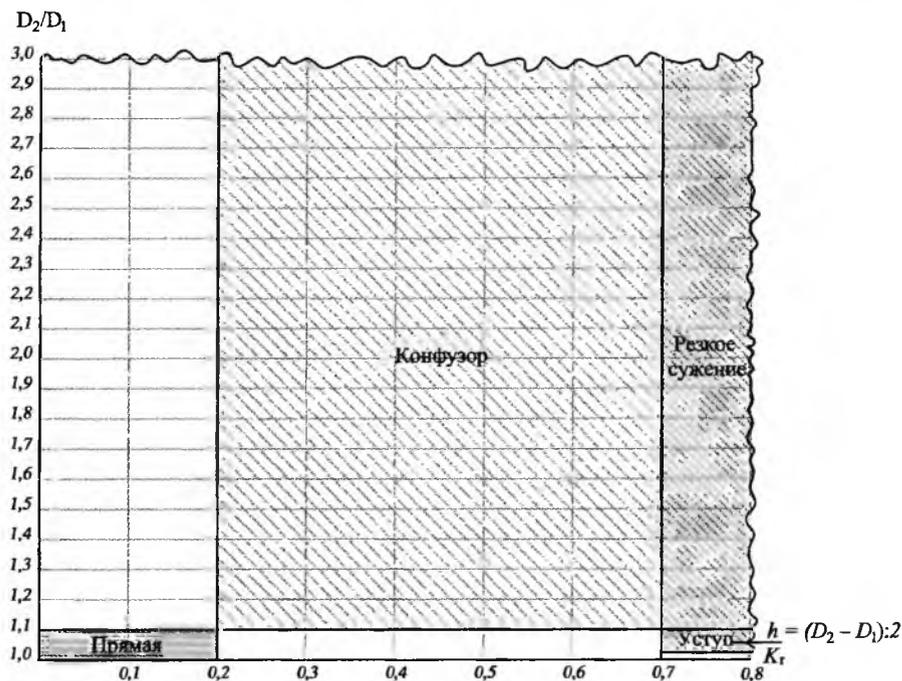


Рисунок 18.17.Р4

**Применимость конфузора/диффузора в зависимости от диаметров трубопроводов
и длины конуса**



$$K_r = D_1 \left(\frac{D_2}{D_1} - 1 \right) : l = (D_2 - D_1) : l$$

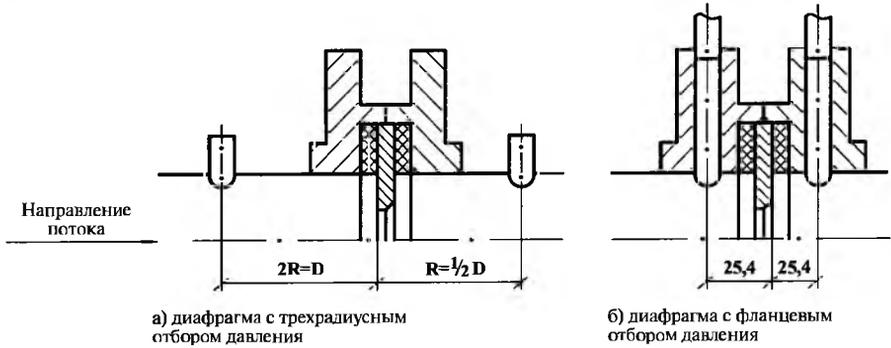
Примечания:

D_1 и D_2 — диаметр трубопровода до и после конуса;

l — длина конуса.

Рисунок 18.17.Р5

Расположение отверстий для трехрадиусного и фланцевого способов отбора давления

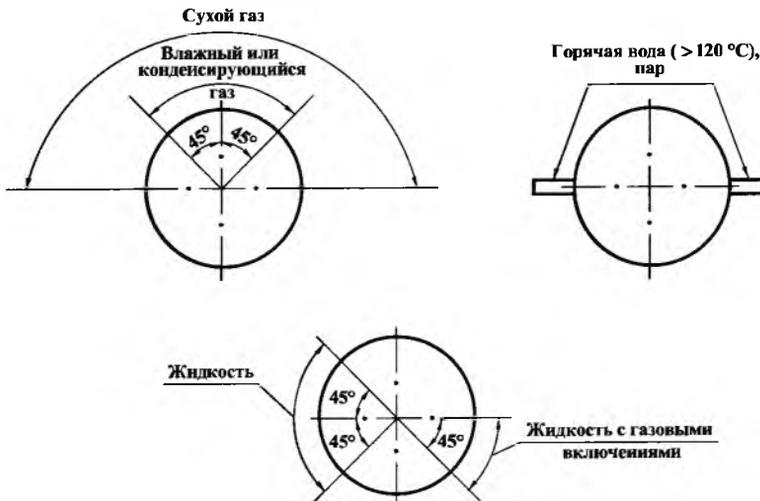


Стандартная диафрагма



Рисунок 18.17.Р6

Расположение отверстий для отбора давления по периметру горизонтального трубопровода



Основные размеры СУ

Рис. 1. Сужающее устройство СУ – диафрагма камерная с отбором давления, установленная во фланцах с уплотнительными прокладками и со съемным патрубком

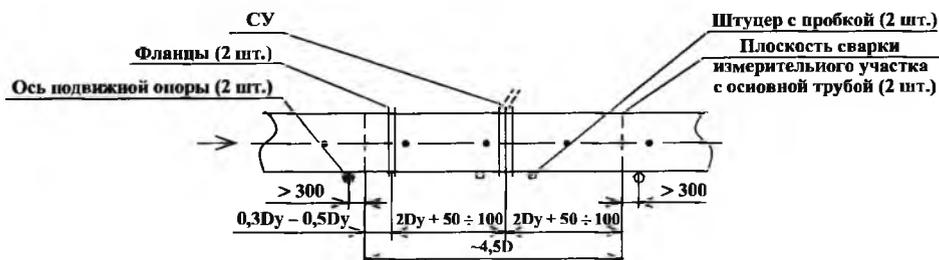


Рис. 2. Сужающее устройство СУ – диафрагма стандартная с угловым отбором давления и со съемным патрубком



Рис. 3. Сужающее устройство СУ – диафрагма камерная с трехрадиусным отбором давления и со съемным патрубком

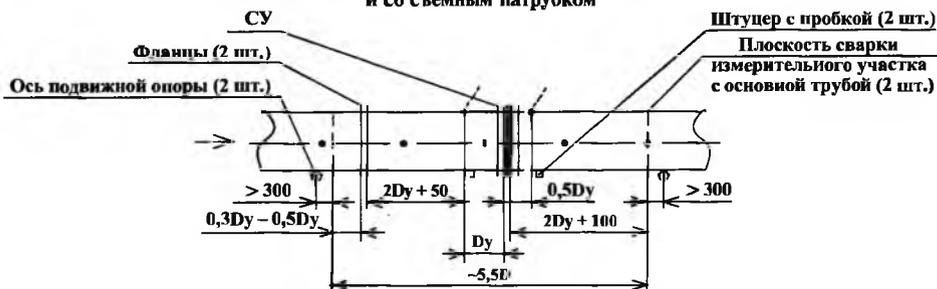


Рис. 4. Сужающее устройство СУ – диафрагма в специальной cassette с отбором давления, без съемного патрубка; съемная cassette позволяет осуществить замену уплотнительных прокладок и чистку прокладочных поверхностей

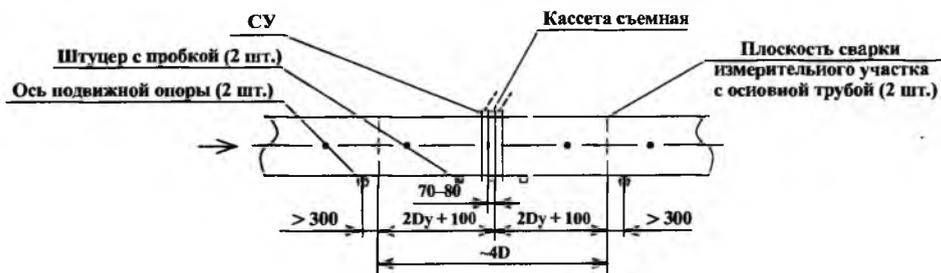
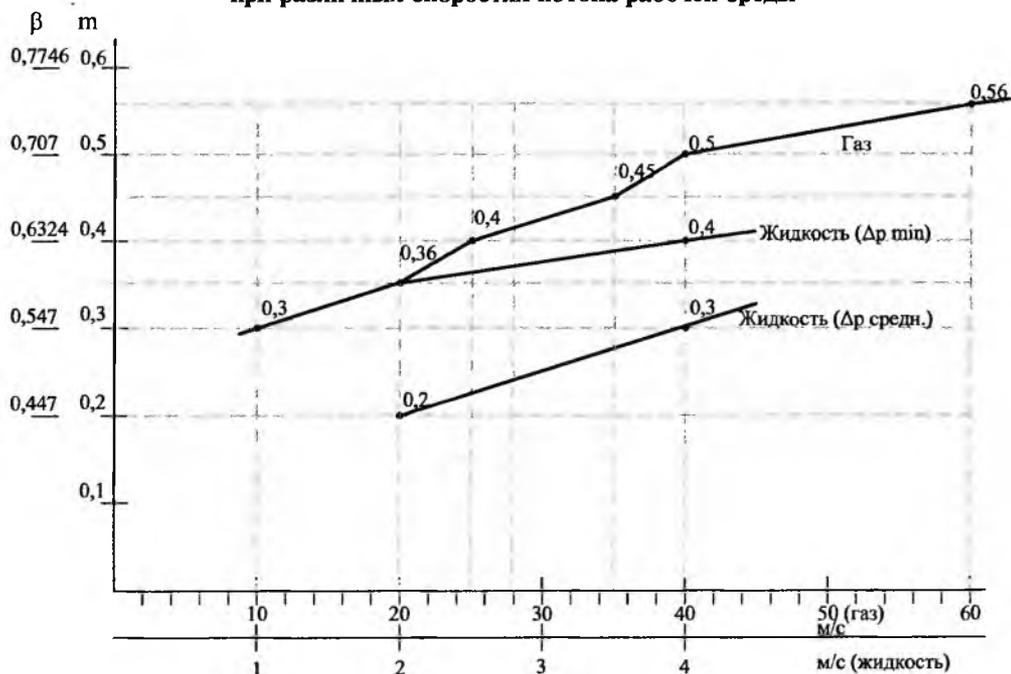


Рисунок 18.17.Р8

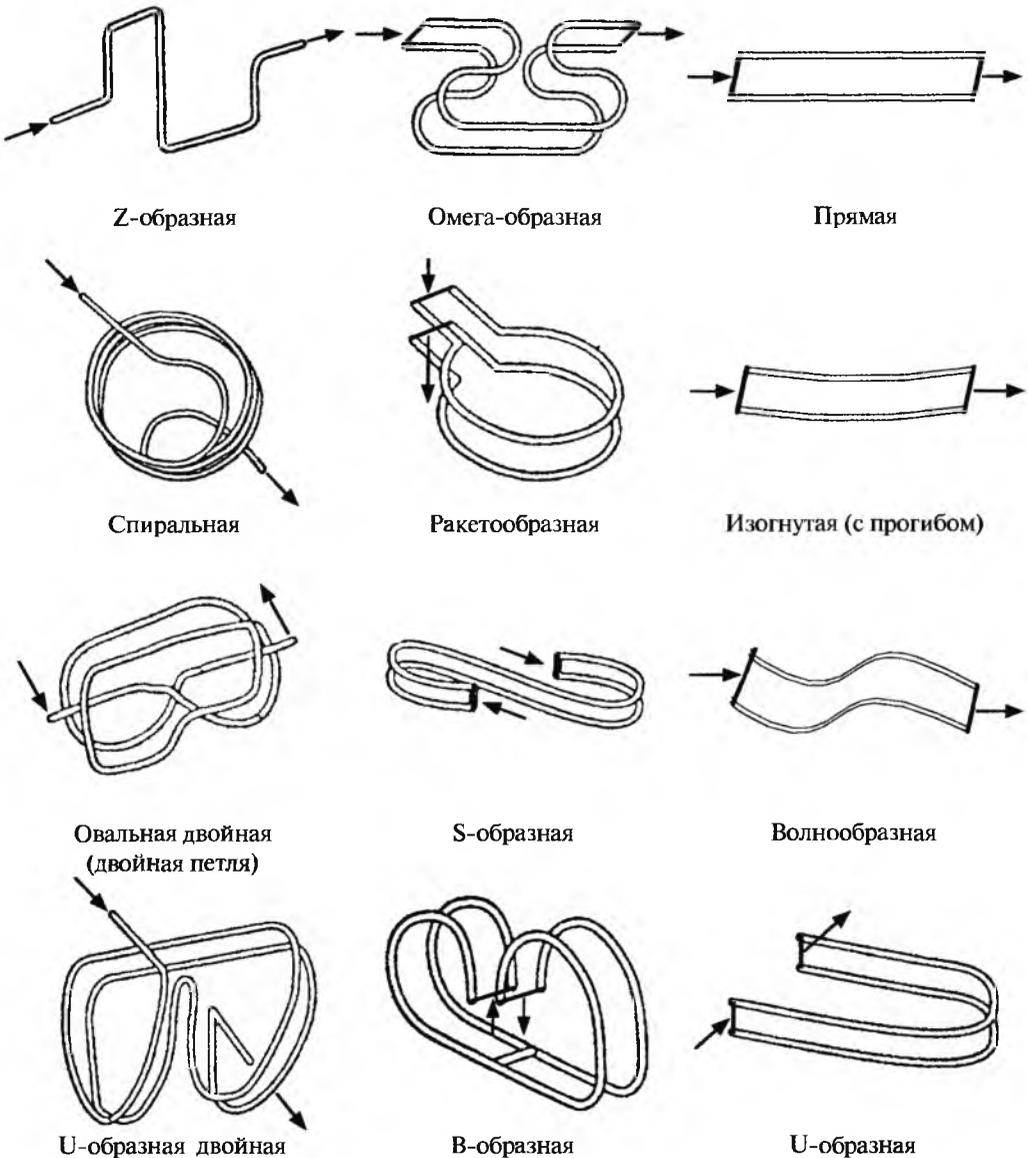
Рекомендуемые значения отношения $d/D = \beta$
при различных скоростях потока рабочей среды



Значения m приняты по материалам разделов 1.20 и 1.21 справочника П. П. Кремлевского.

Рисунок 18.17.Р9

Виды проточных трубок массового расходомера

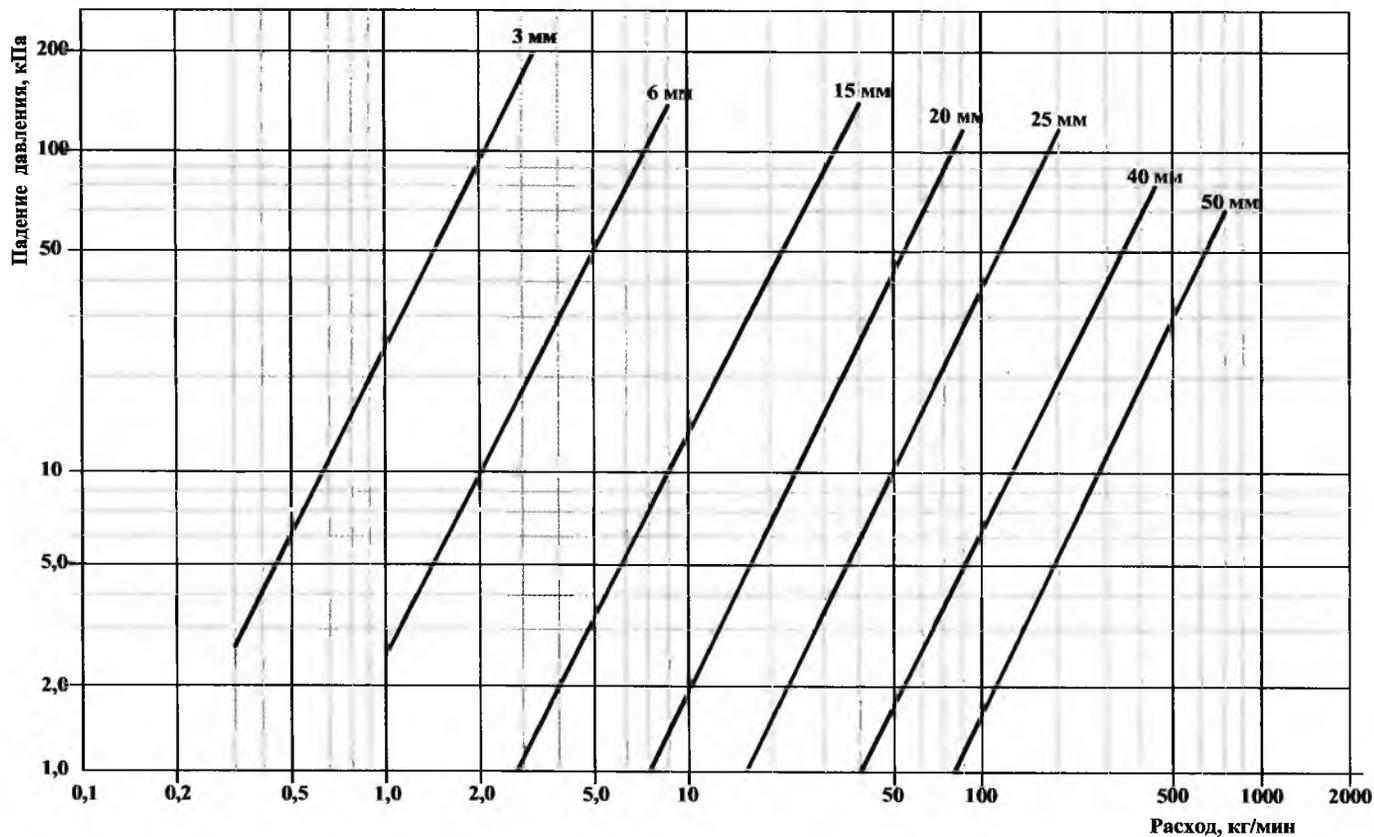


Примечания:

— — манифольд – делитель расхода;

→ — направление потока вещества.

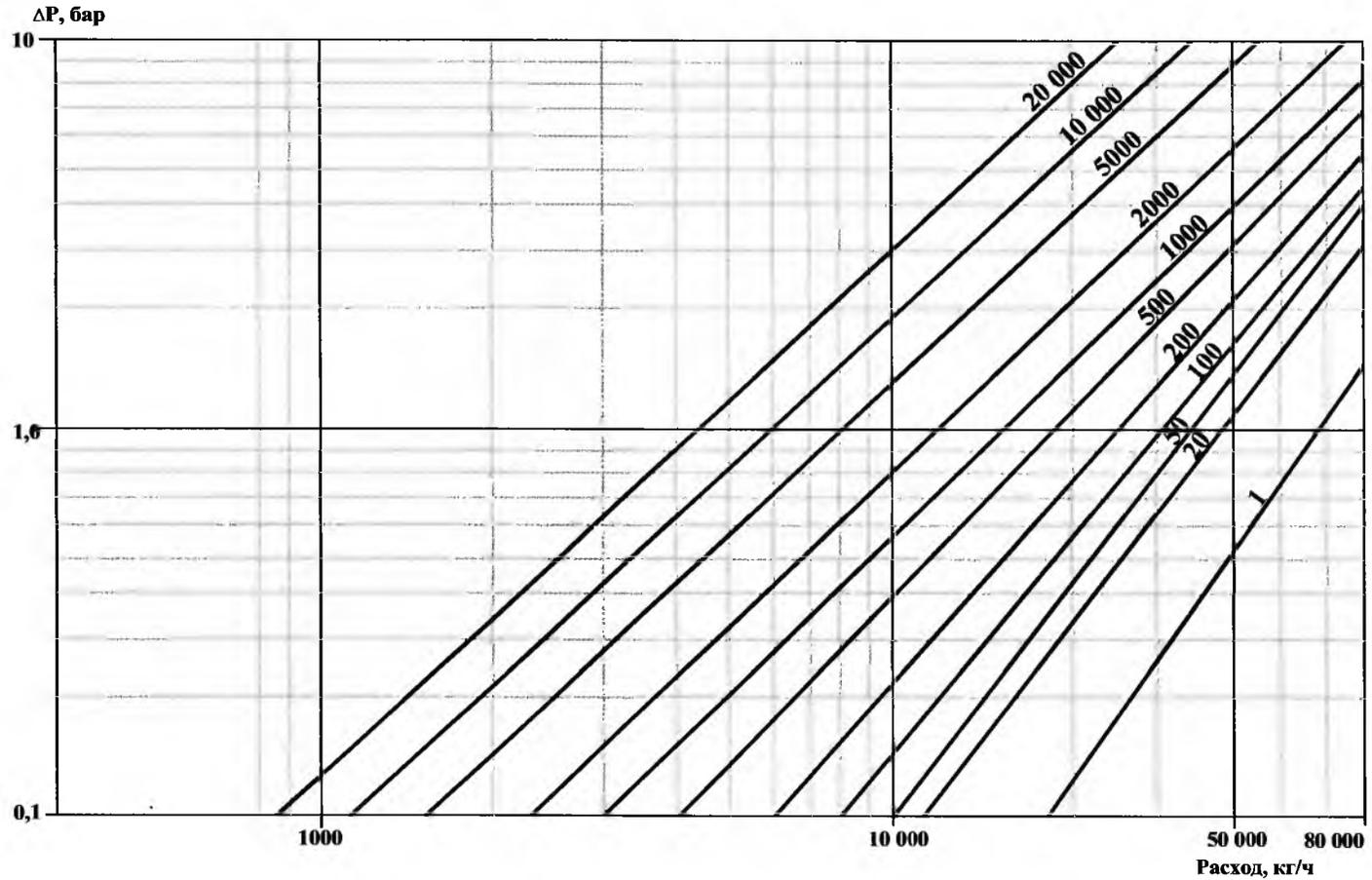
Потеря давления в массовых расходомерах разного диаметра



Удельный вес = 1

Динамическая вязкость от 0,7 до 1,9 сП

Потеря давления в массовых расходомерах при различной вязкости жидкости



Погрешность измерения массы

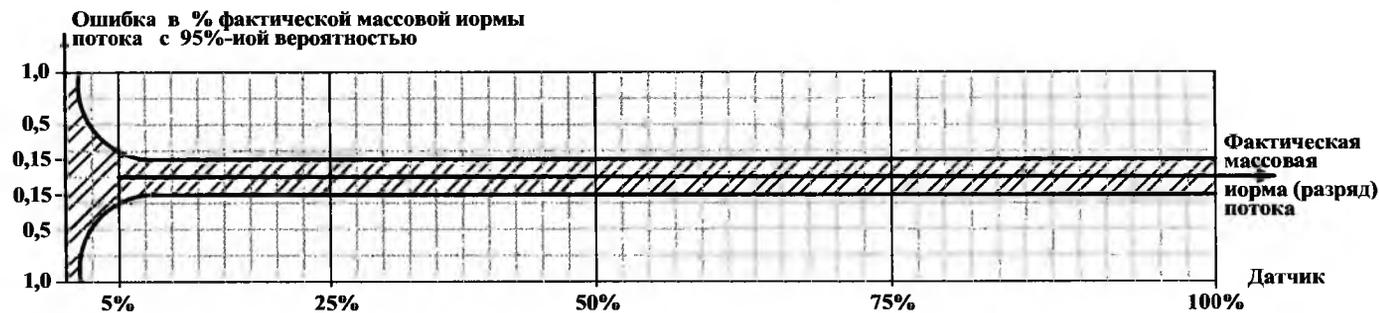
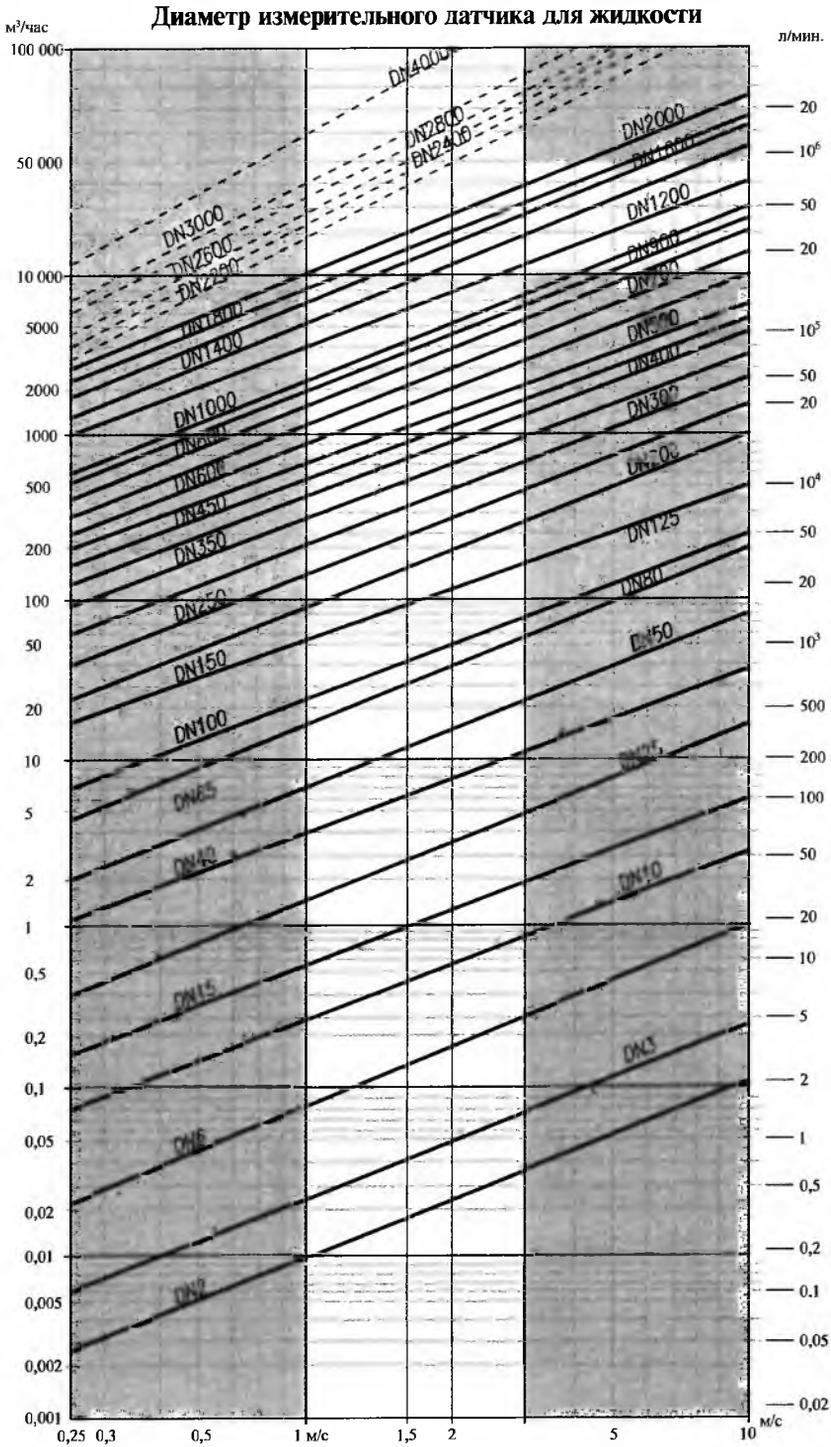


Рисунок 18.17.P12



Номограмма применена для датчика электромагнитного и акустического.

Рекомендации по установке расходомера

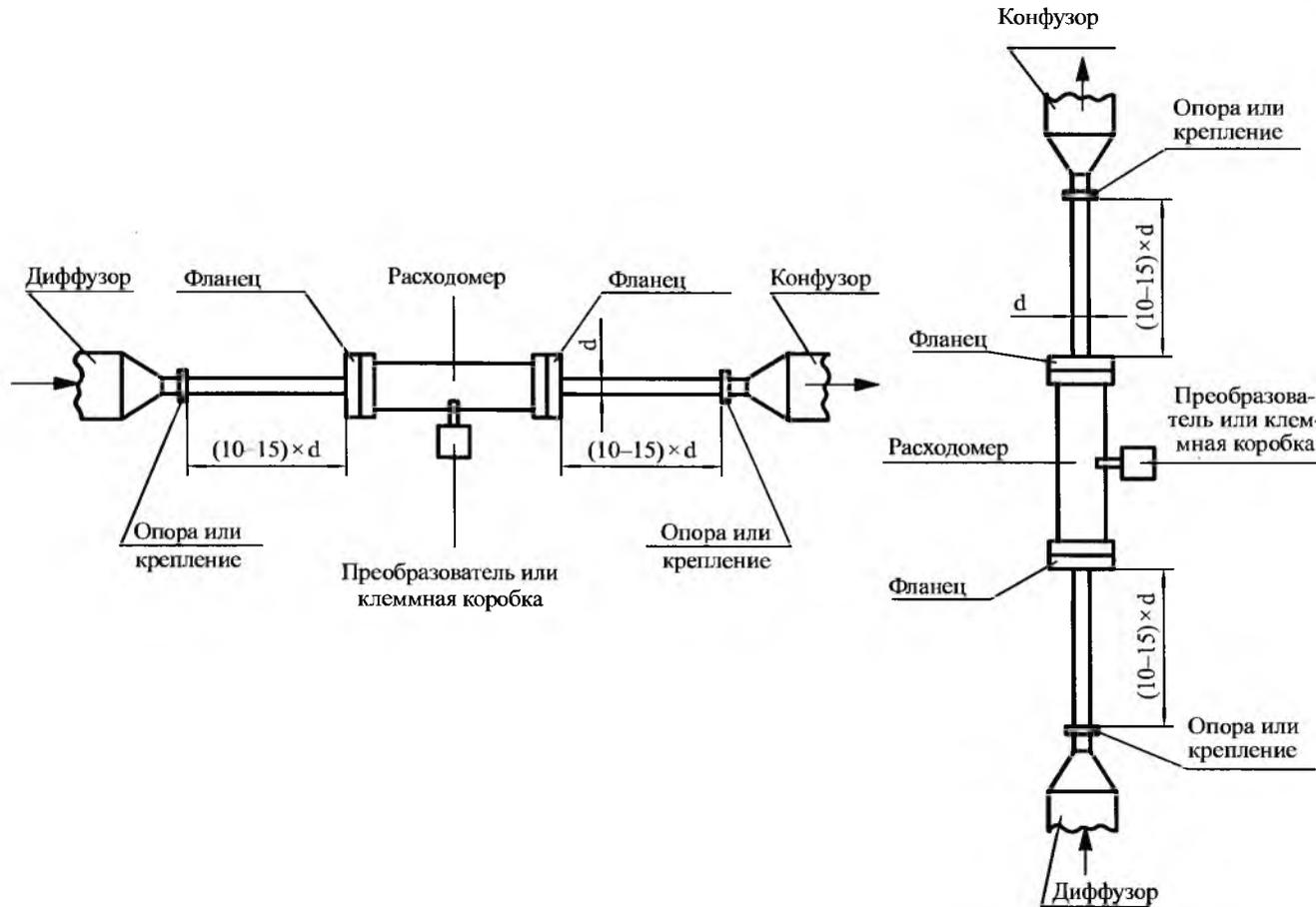


Рисунок 18.17.Р14

Подключение пружины (контрольно-проверочного устройства)

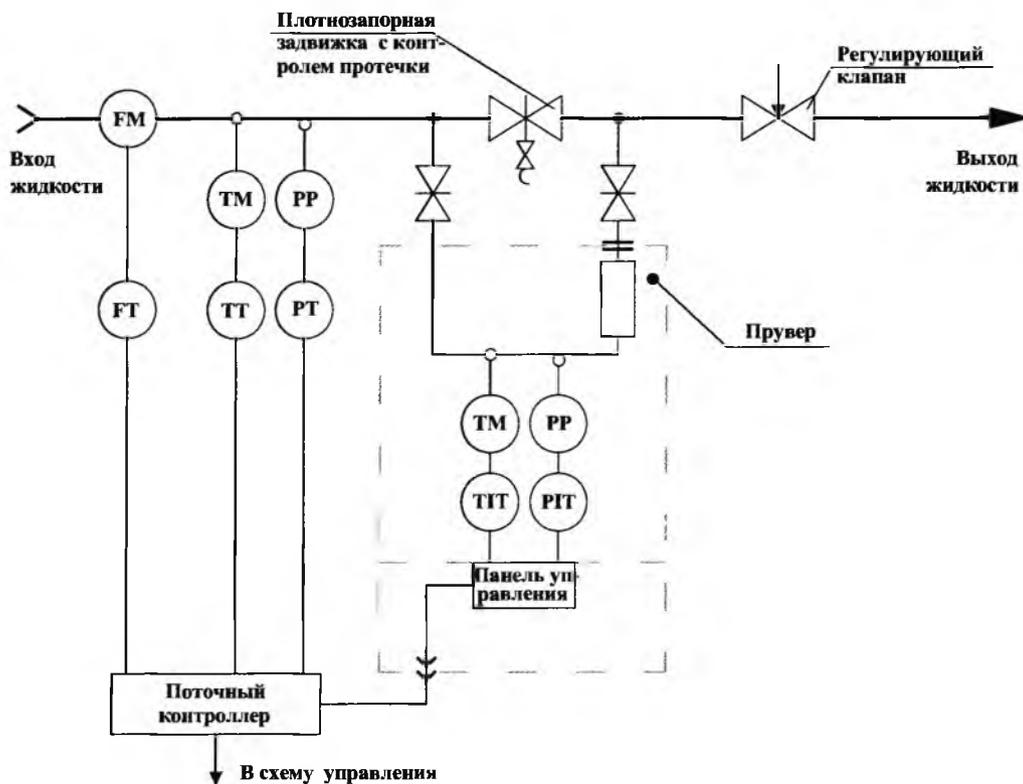
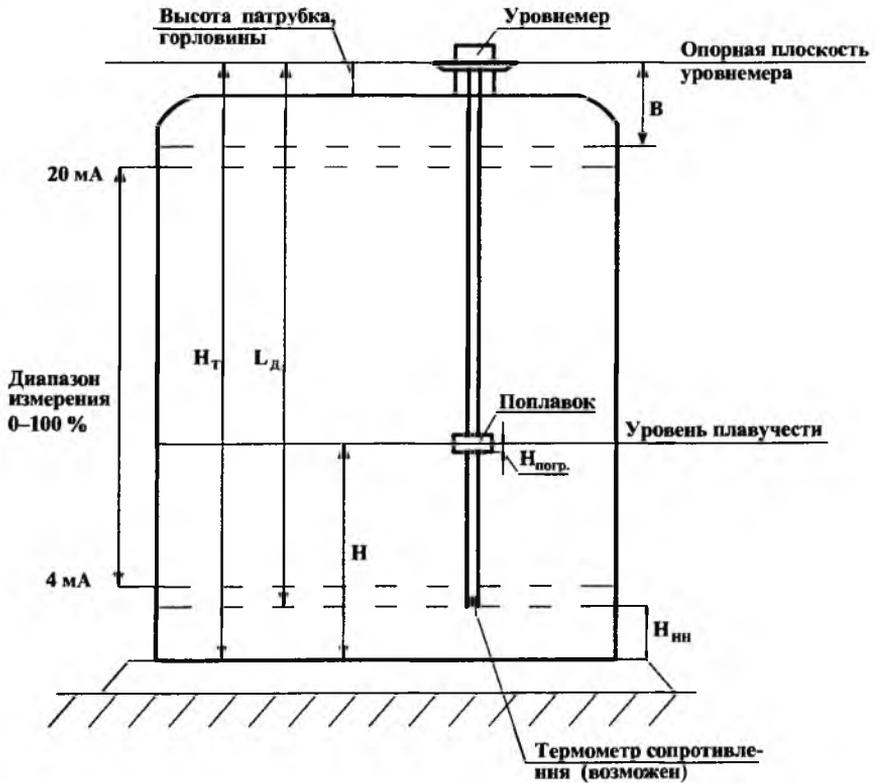


Рисунок 18.18.Р1

Определение длины чувствительного элемента магнитоотриксционного уровнемера



Примечания:

H_T – высота резервуара от дна до опорной плоскости;

L_d – длина ЧЭ датчика/глубина погружения;

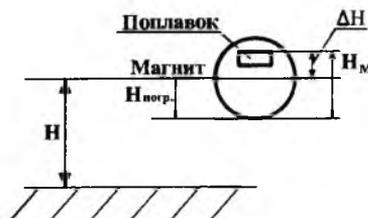
$H_{погр.}$ – величина погружения поплавка (ρ поплавка, ρ среды 1, ρ среды 2);

$H_{ни}$ – нижняя зона нечувствительности;

B – верхняя зона нечувствительности;

H – уровень измеряемой жидкости;

$$L_d = H_T - H_{ни}$$



$$\Delta H = H_M - H_{погр.}, \text{ где } H_M \text{ – положение магнита в поплавке.}$$

Рисунок 18.18.Р2

Градиент температуры продукта в наземном резервуаре (пример)

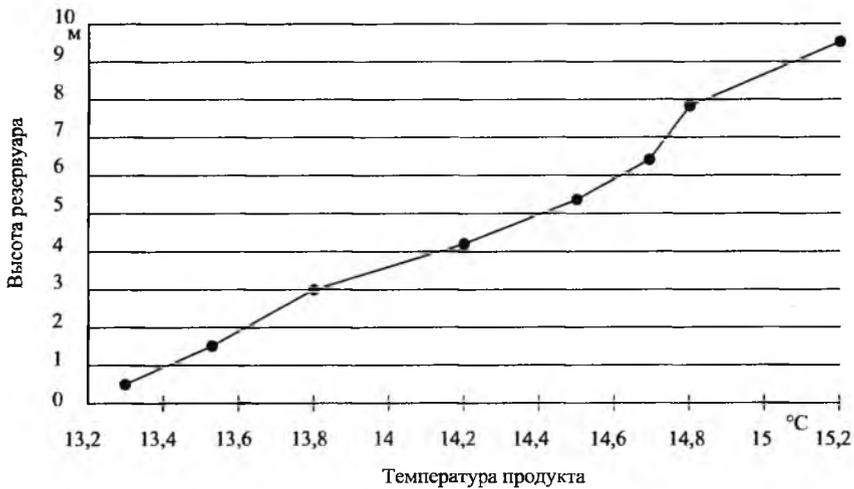
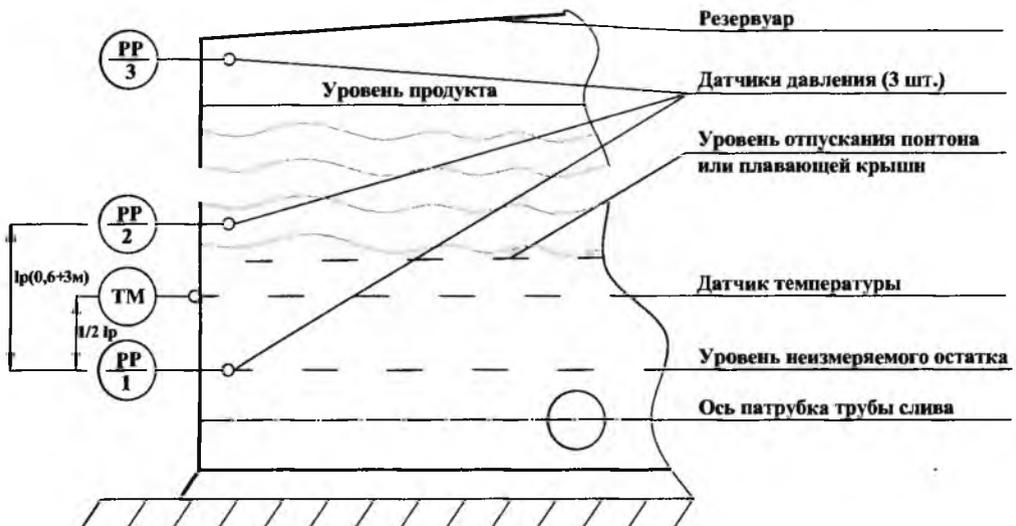


Рисунок 18.18.Р3

Размещение средств автоматизации на резервуаре при гидростатическом измерении массы продукта



TM – датчик температуры длиной минимум 0,9 м.

Рисунок 18.18.Р4

Монтаж ультразвукового или радарного уровнемера

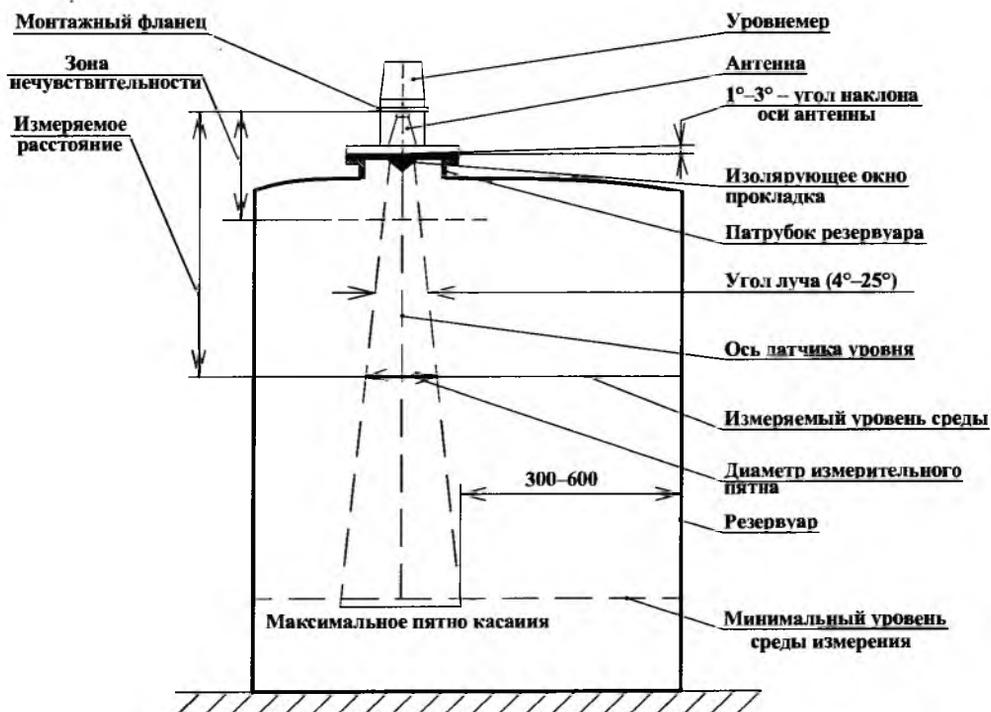
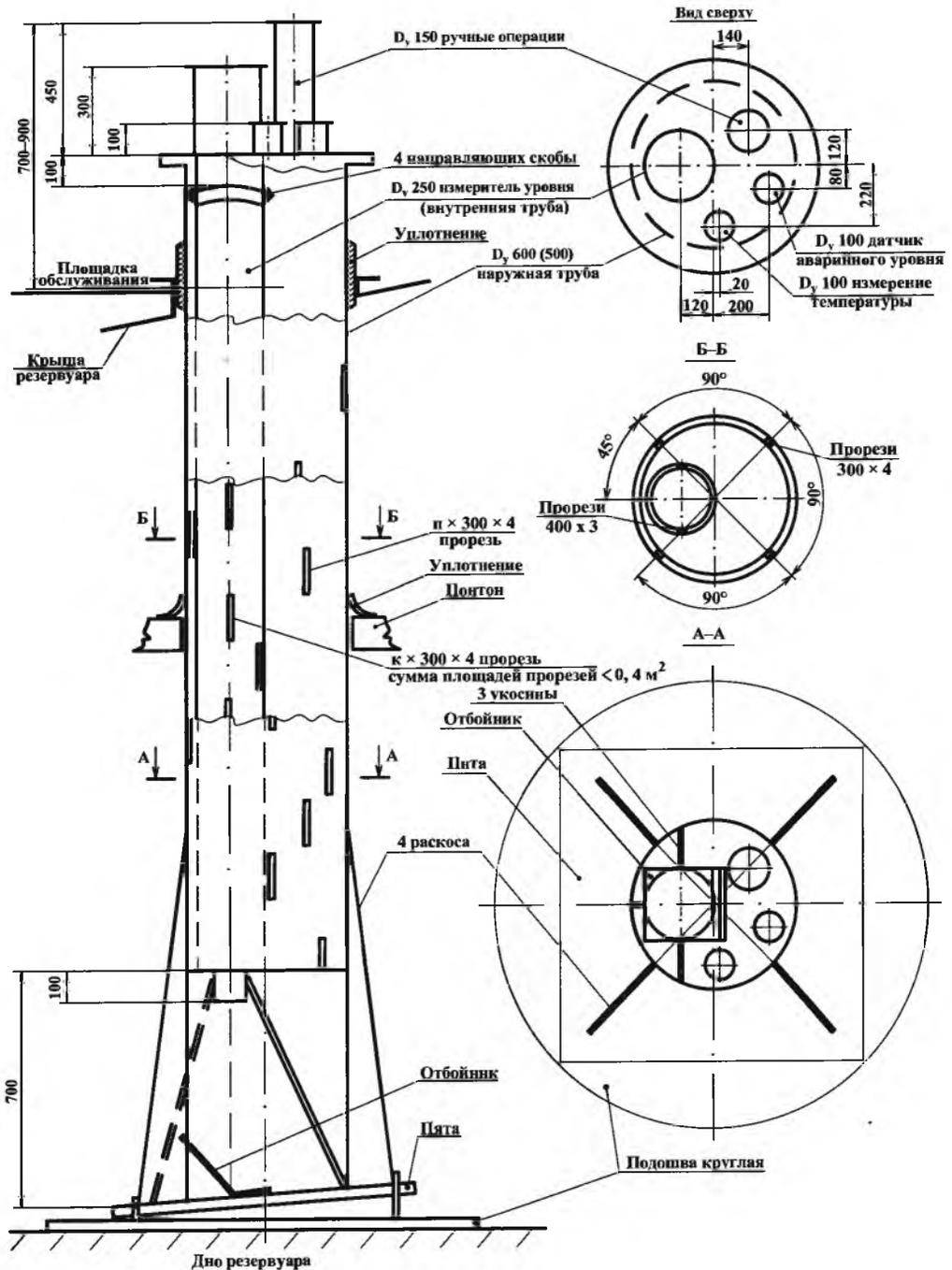
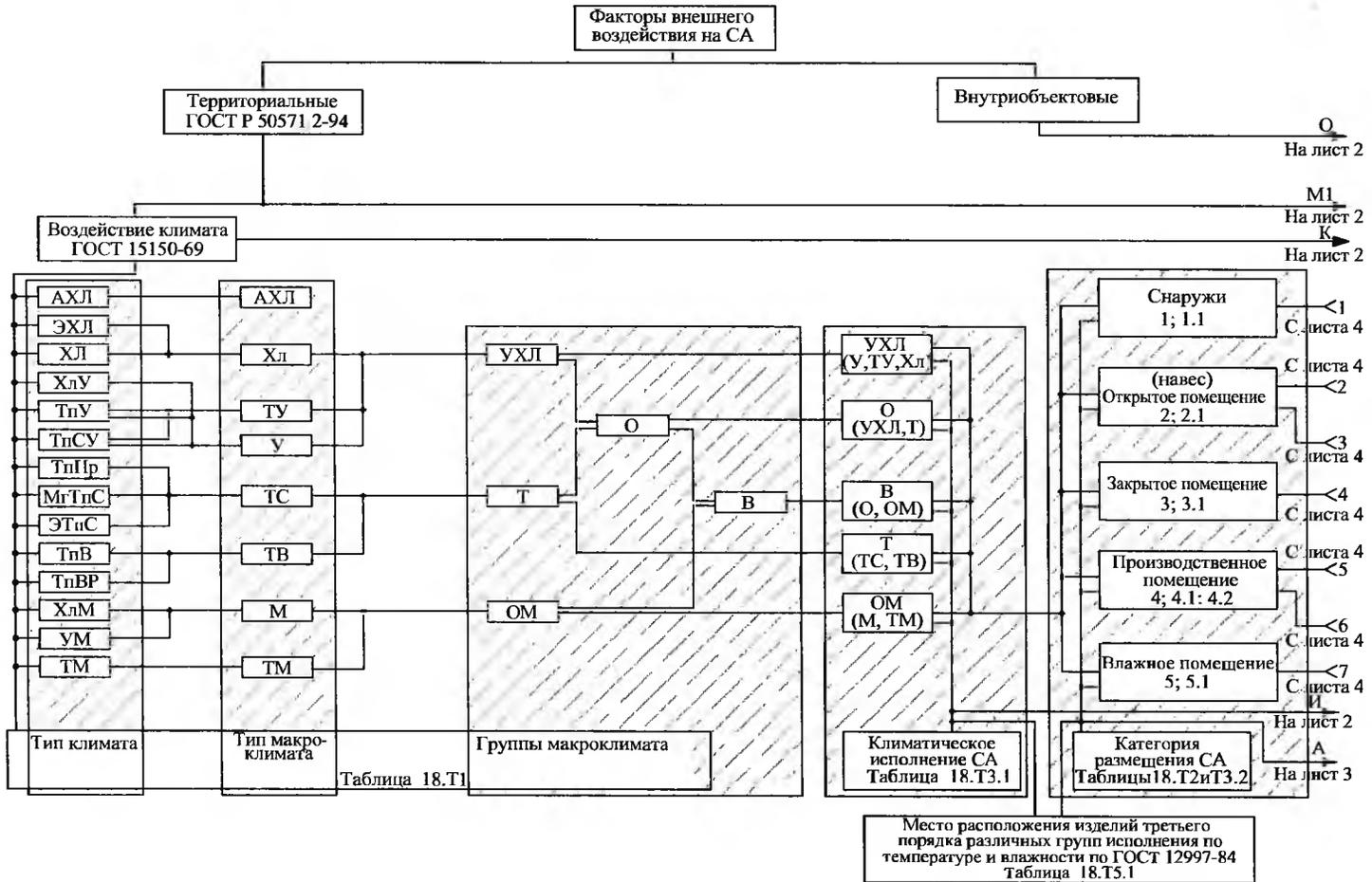


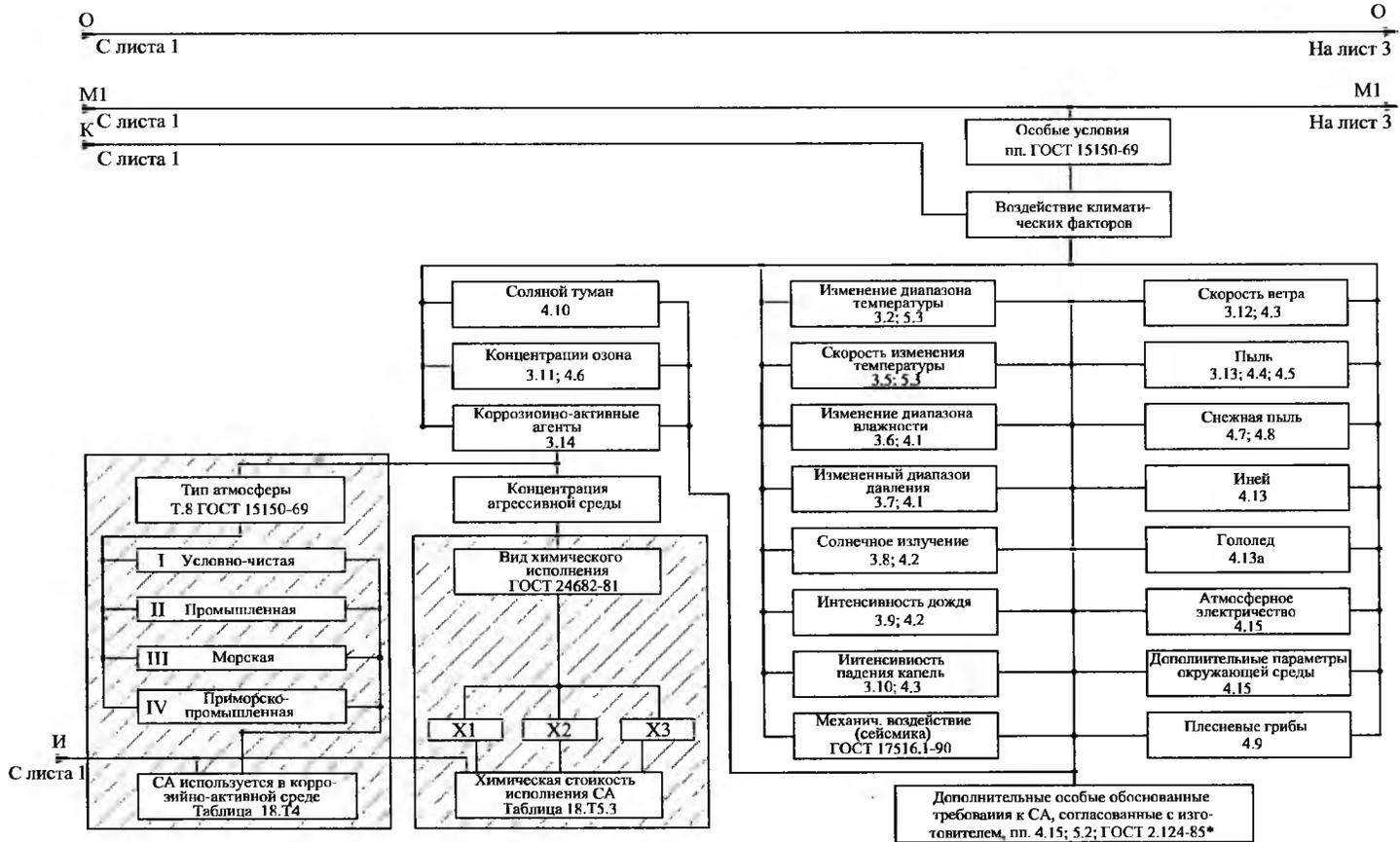
Рисунок 18.18.Р5

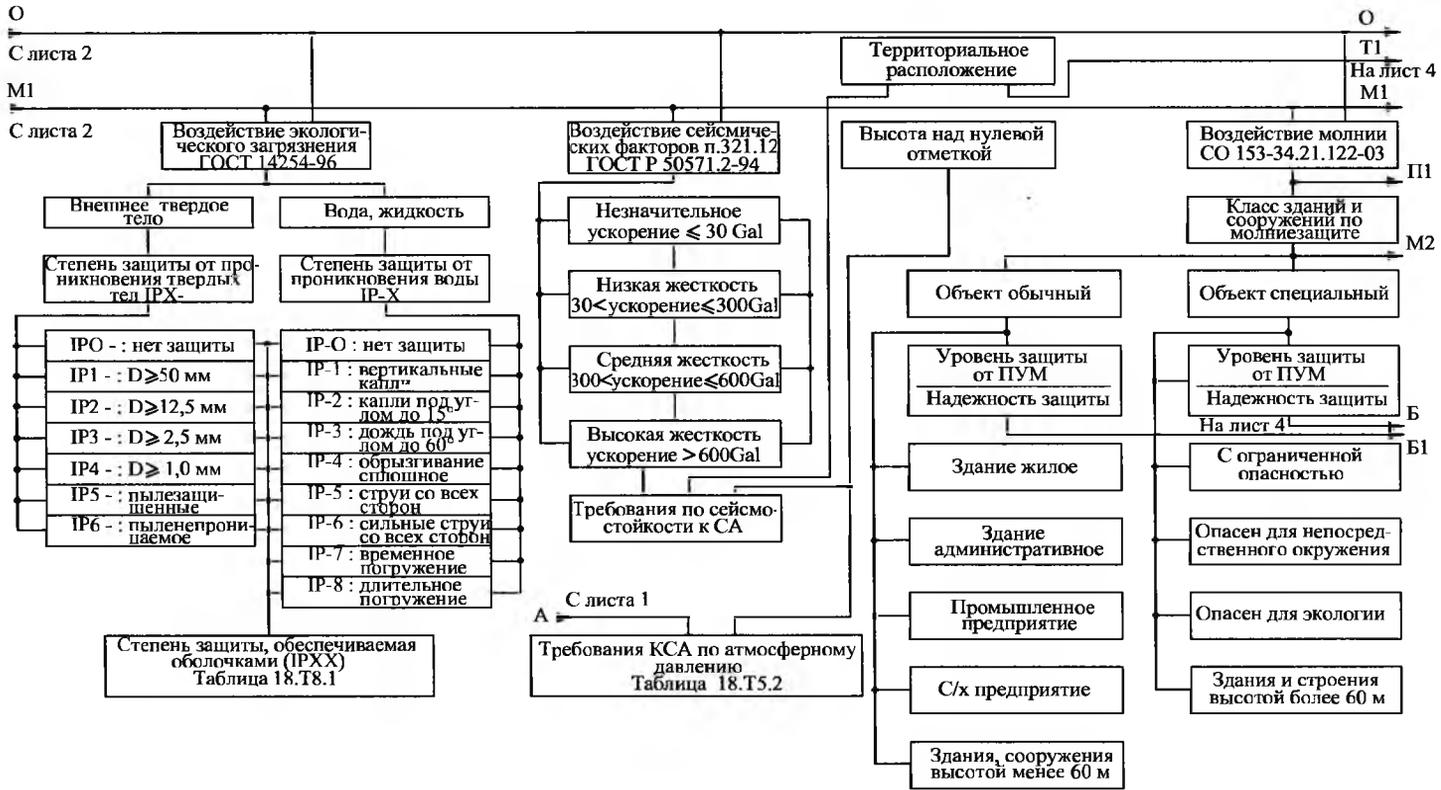
Закладная конструкция «Измерительные трубы уровнемера» (эскиз)



Факторы внешнего воздействия на СА







О
С листа 2
M1
С листа 2

О
T1
На лист 4
M1

П1

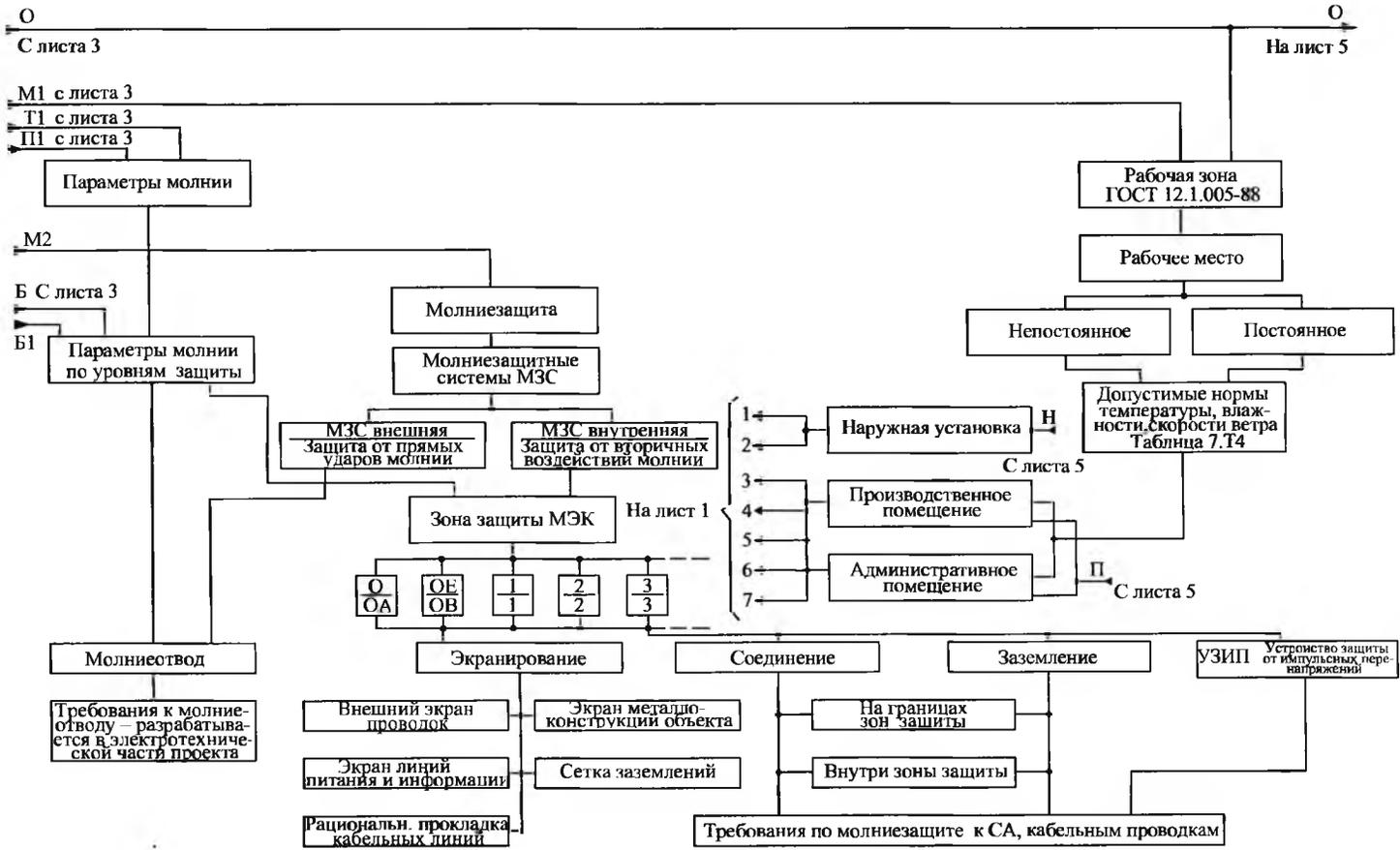
M2

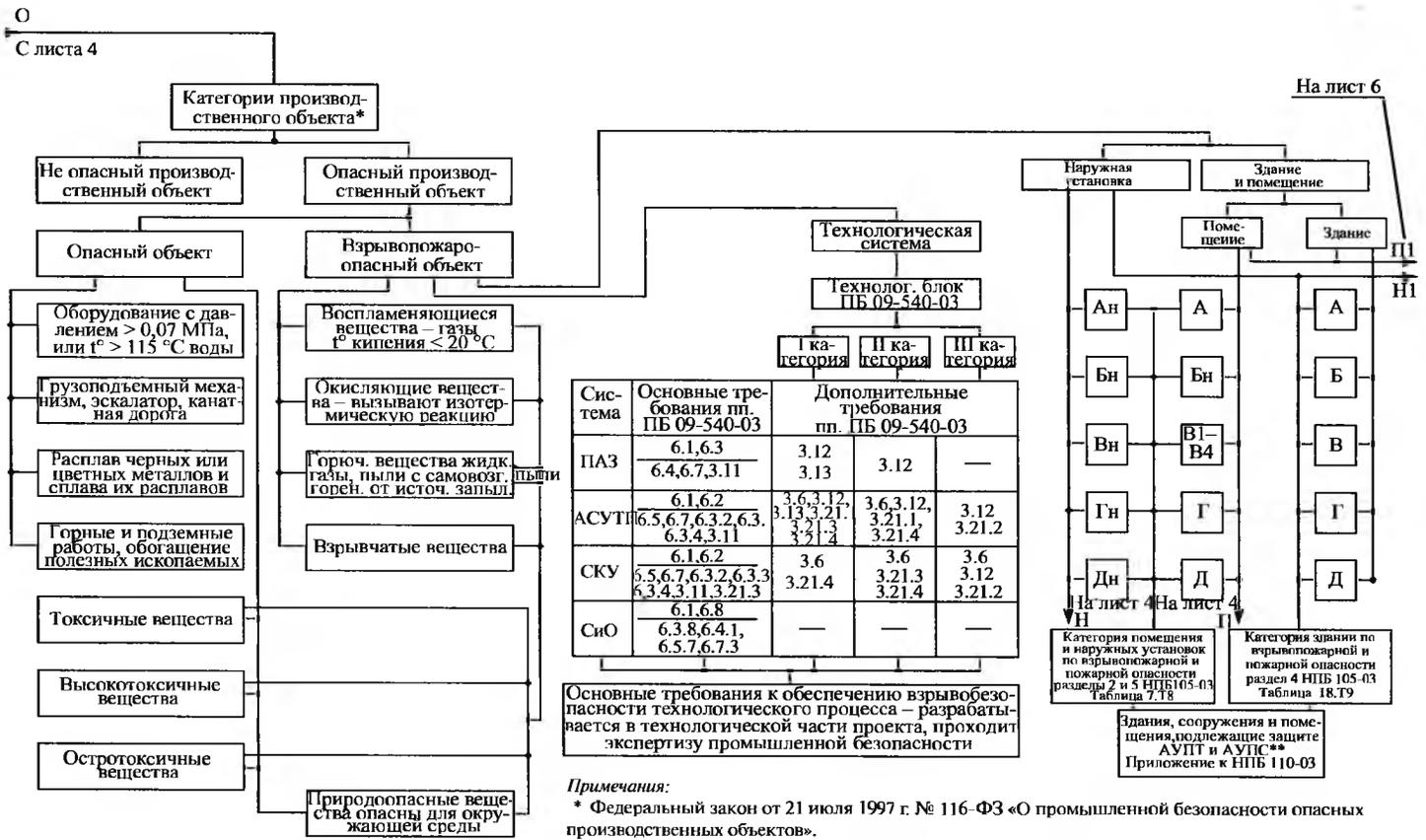
Б

Б1

С листа 1

Требования КСА по атмосферному давлению Таблица 18.Т5.2

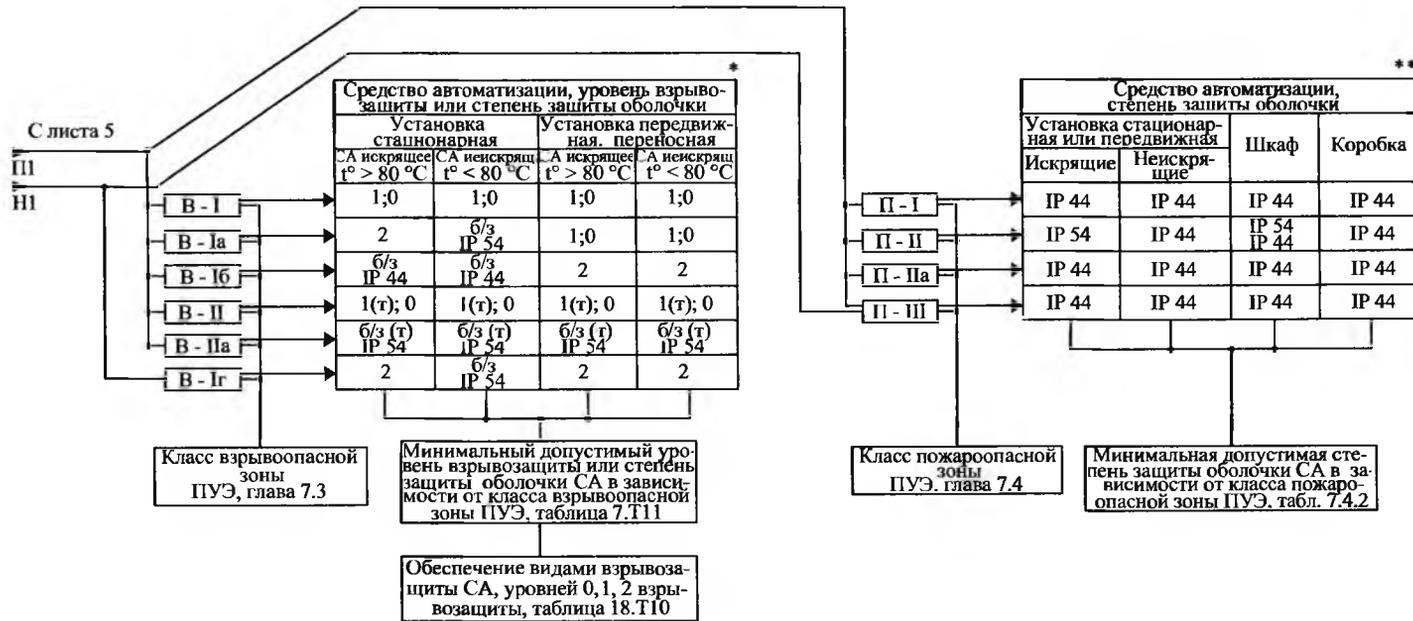




Примечания:

* Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

** АУПТ – автоматическая установка пожаротушения, АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации.

**Пояснения:**

* Уровни взрывозащиты средств автоматизации по ПУЭ, п. 7.3.32 и ГОСТ 12.2.007.0:

0 – особо взрывобезопасное СА;

1 – взрывобезопасное СА;

2 – СА повышенной надежности против взрыва;

б/з – без средств взрывозащиты;

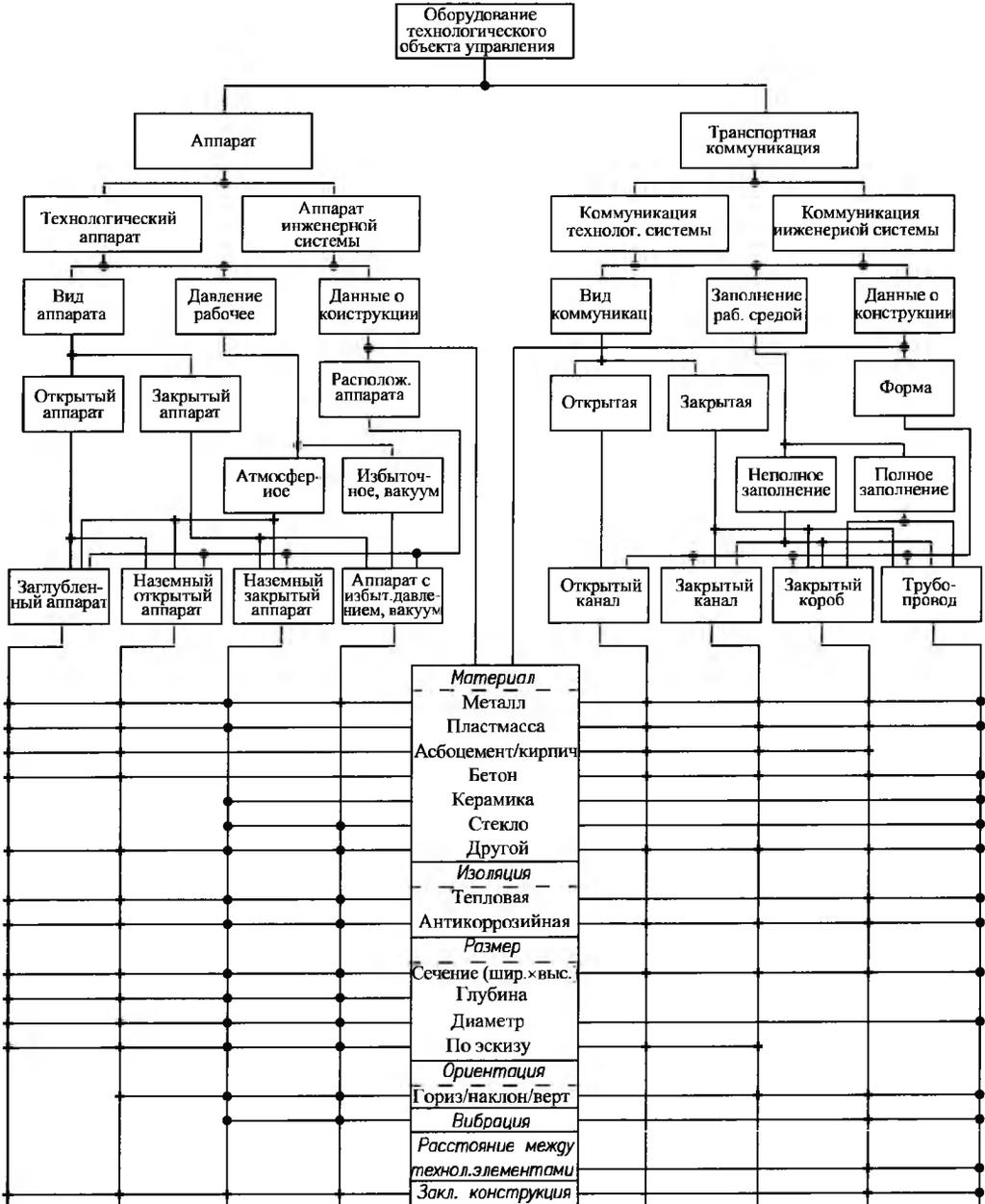
(т) – необходимо учесть требования п. 7.3.63 ПУЭ.

** IP – степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-96.

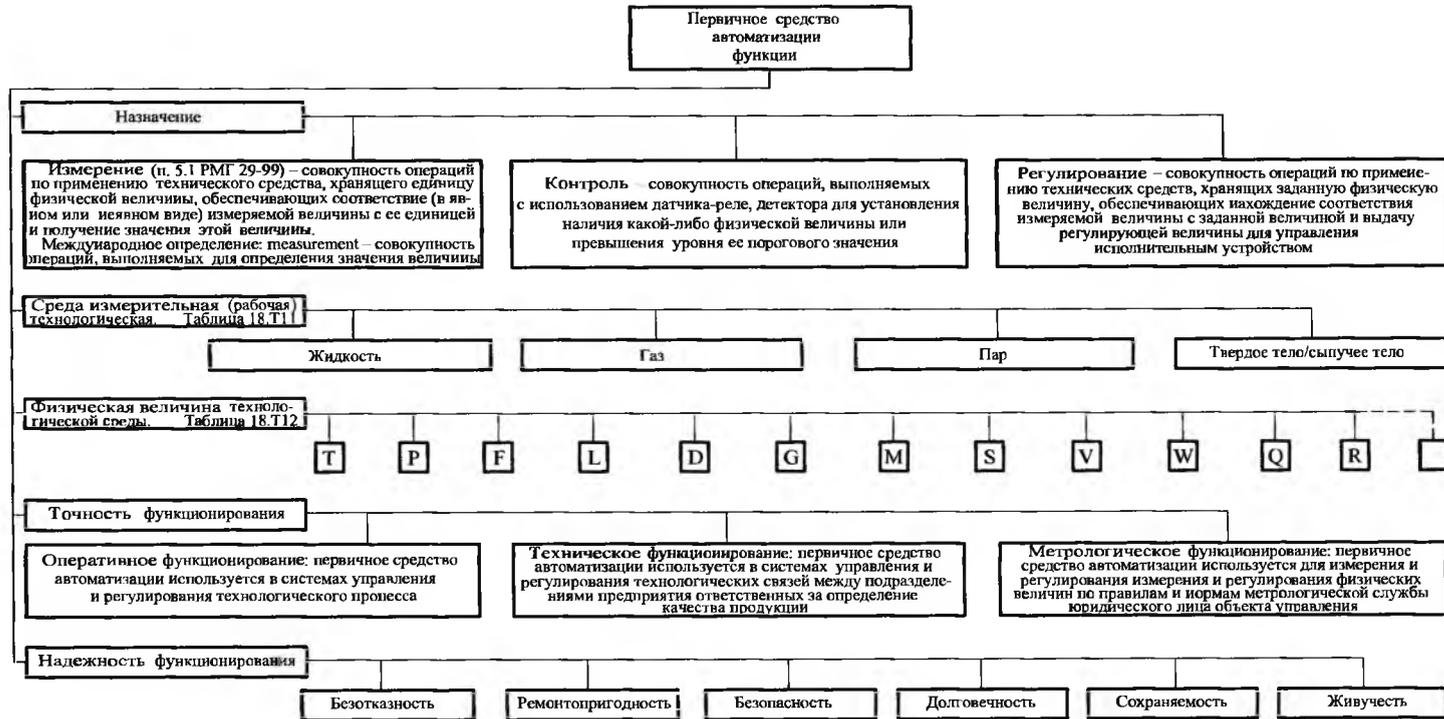
Примечания:

1. Степень защиты оболочки СА от проникновения воды (вторая цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, в которой они устанавливаются.
2. СА, устанавливаемое в шкафу (п. 7.4.21 ПУЭ), может иметь меньшую степень защиты оболочки, вплоть до IP00, при условии, что шкаф имеет указанную в таблице степень защиты оболочки.
3. П. 7.3.63 ПУЭ касается СА, предназначенных для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

Типы оборудования ТОУ



Функционирование первичного СА

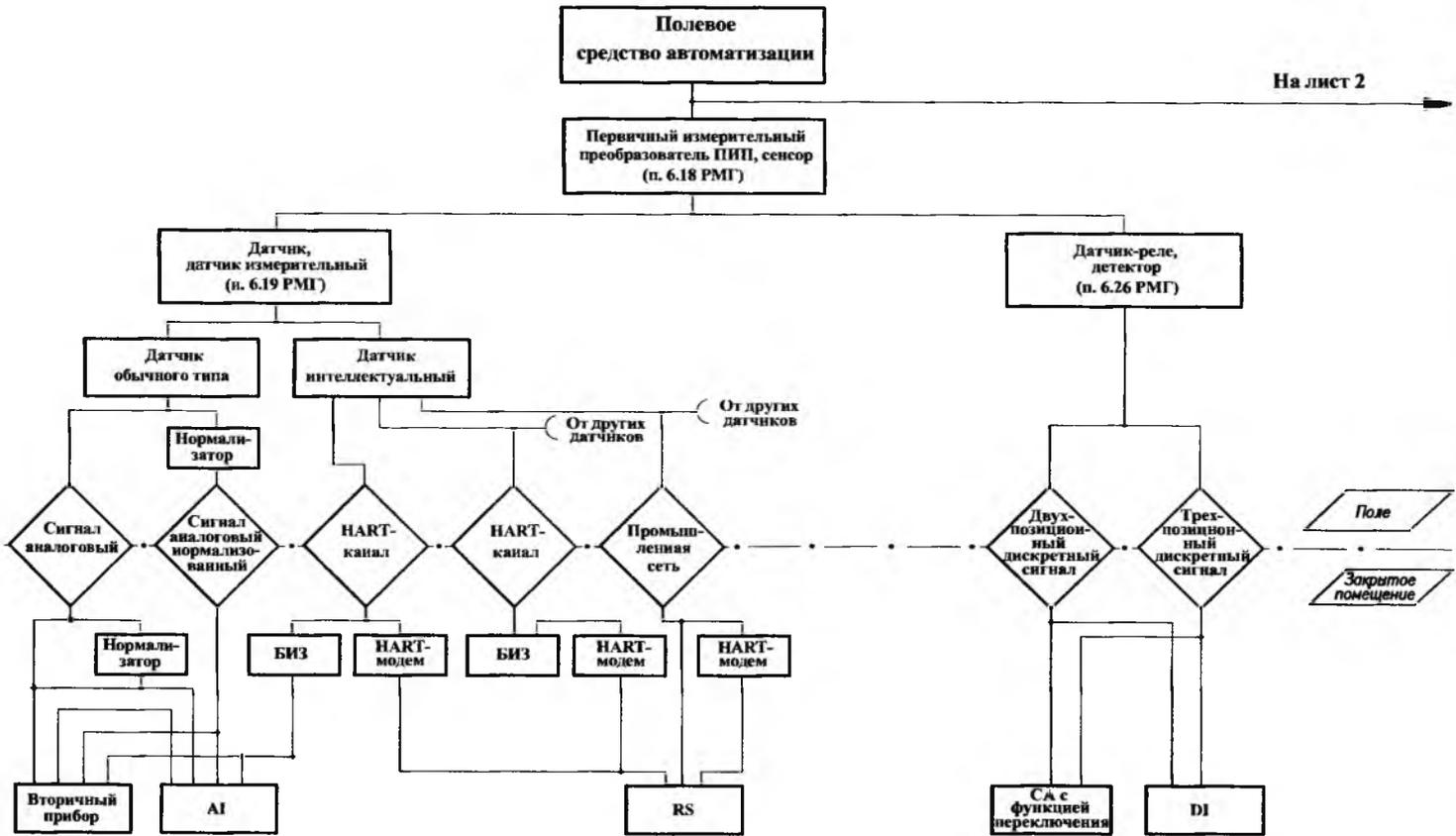


Примечания:

К первичному (полевому) средству автоматизации (ПСА) относятся:

1. Измерительный преобразователь или датчик – как средство измерения.
2. Индикатор как средство контроля.
3. Исполнительное устройство (регулирующий орган и исполнительный механизм) как средство регулирования параметров технологической рабочей среды.

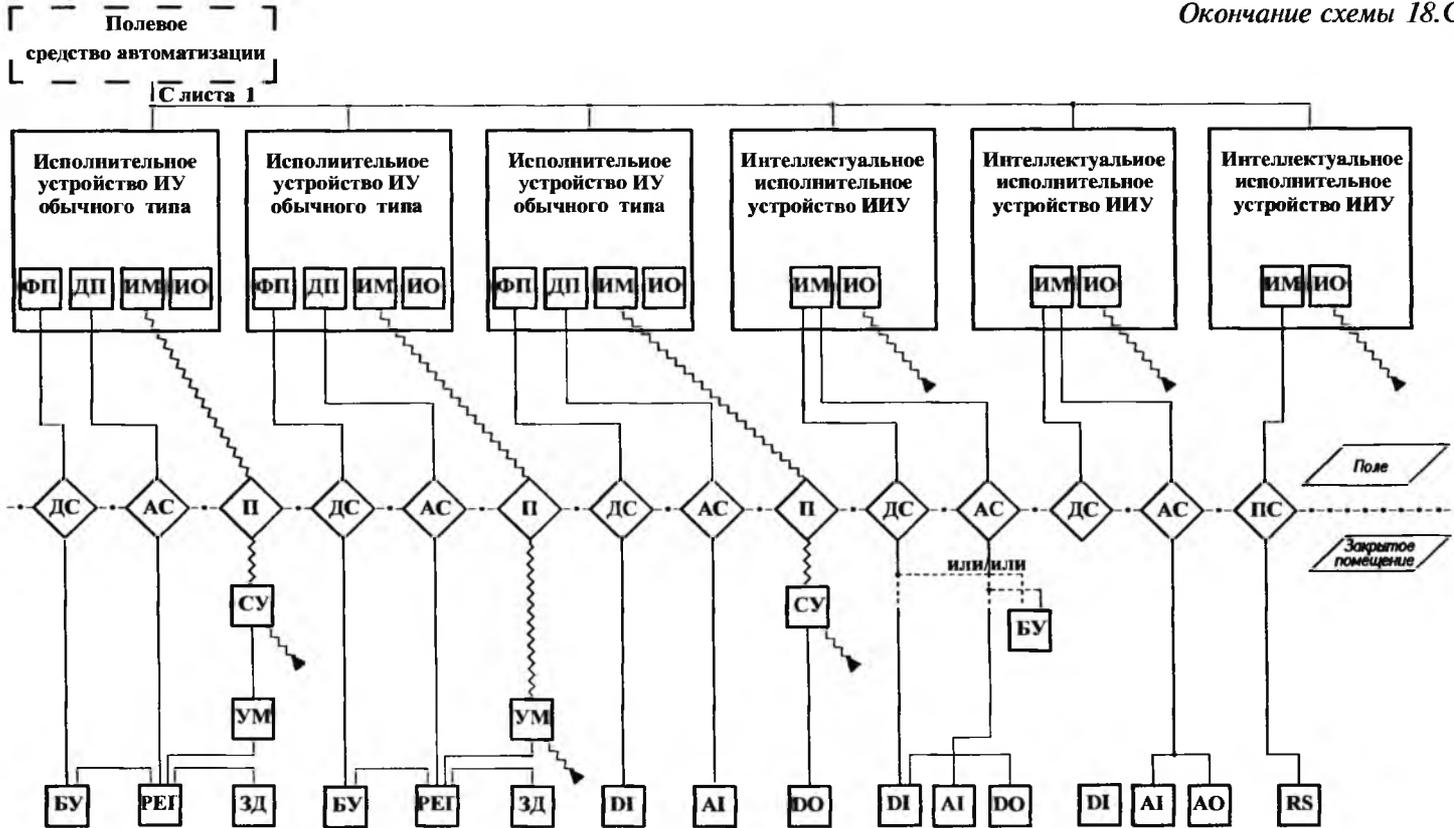
Виды полевых средств автоматизации в АСУТП



На лист 2 →

БИЗ – барьер/блок искрозащитный
 AI – ввод аналогового сигнала

DI – ввод дискретного сигнала
 RS – цифровой интерфейс



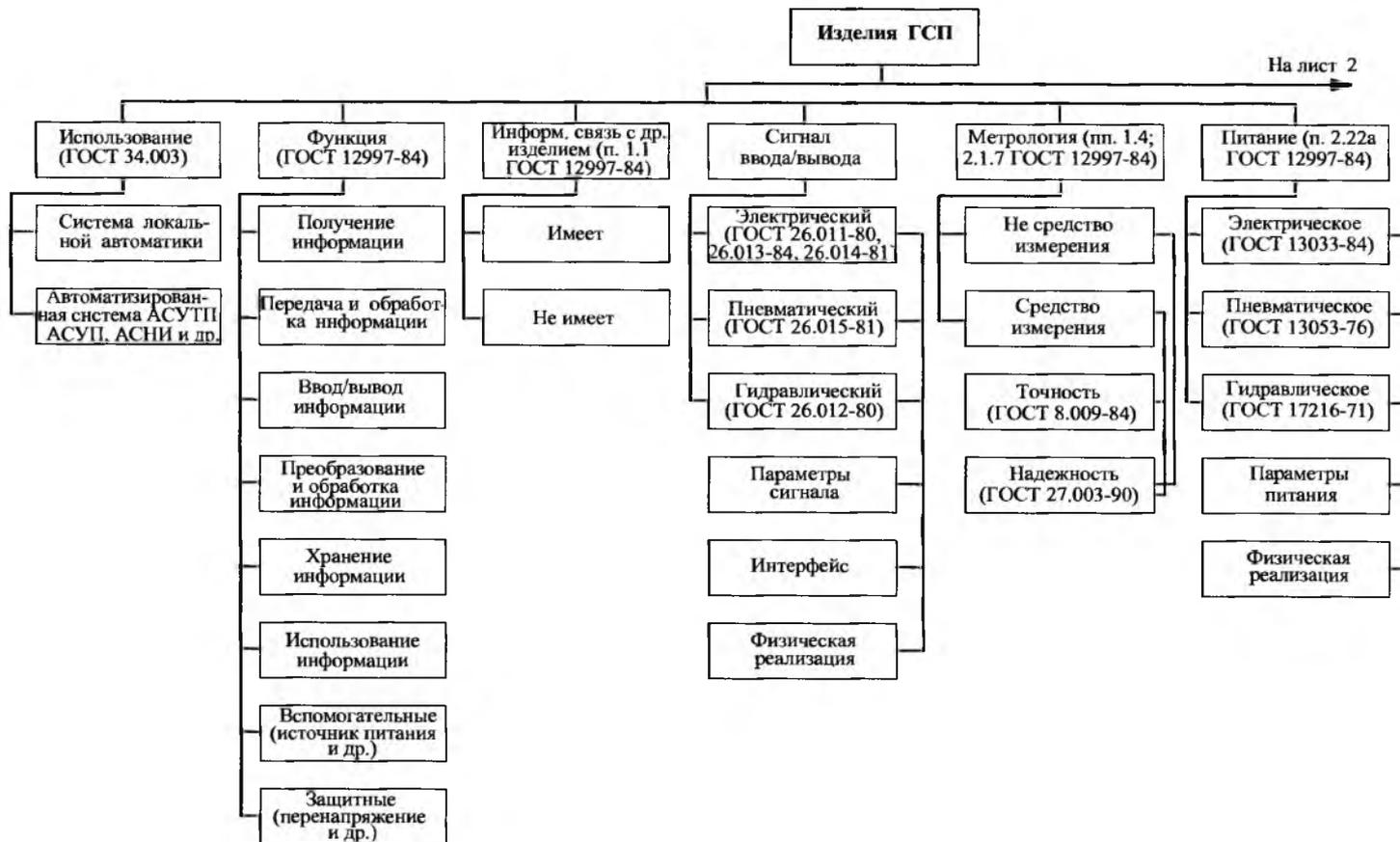
ДС – дискретный сигнал
 АС – аналоговый сигнал
 СУ – станция управления
 (контактор, магнитный пускатель)
 П – электропитание
 ИУ – исполнительное устройство

ИИУ – интеллектуальное устройство
 ИМ – исполнительный механизм
 ИО – исполнительный орган
 ДП – датчик положения
 ФП – фиксатор положения
 УМ – усилитель мощности

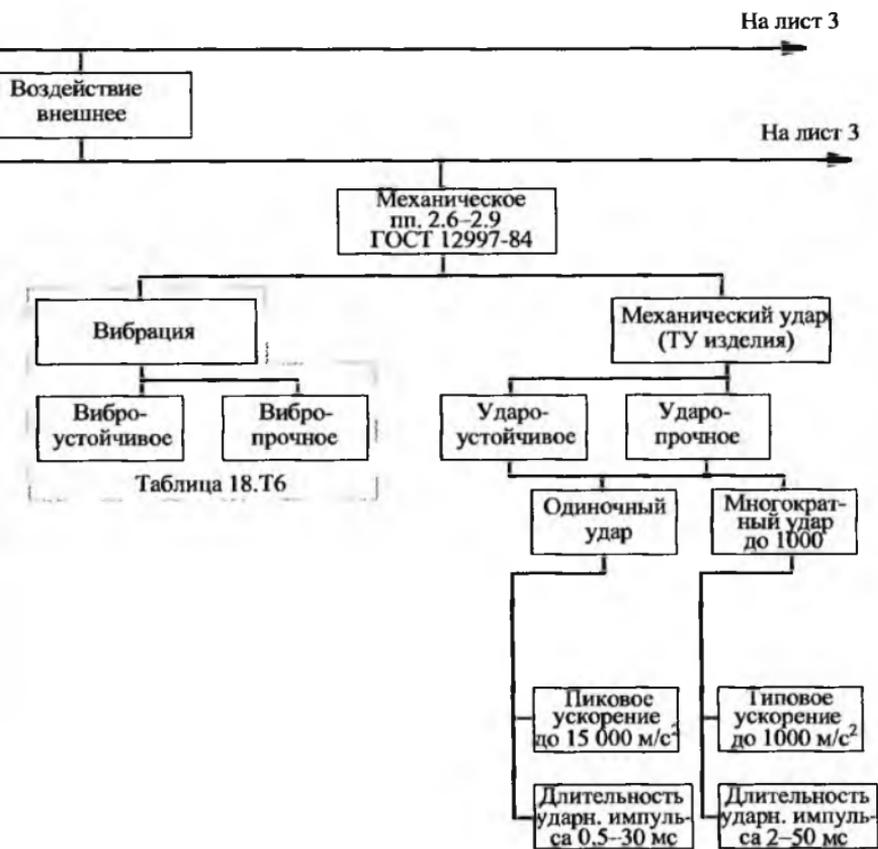
БУ – блок управления
 РЕГ – регулятор
 ЗД – задатчик

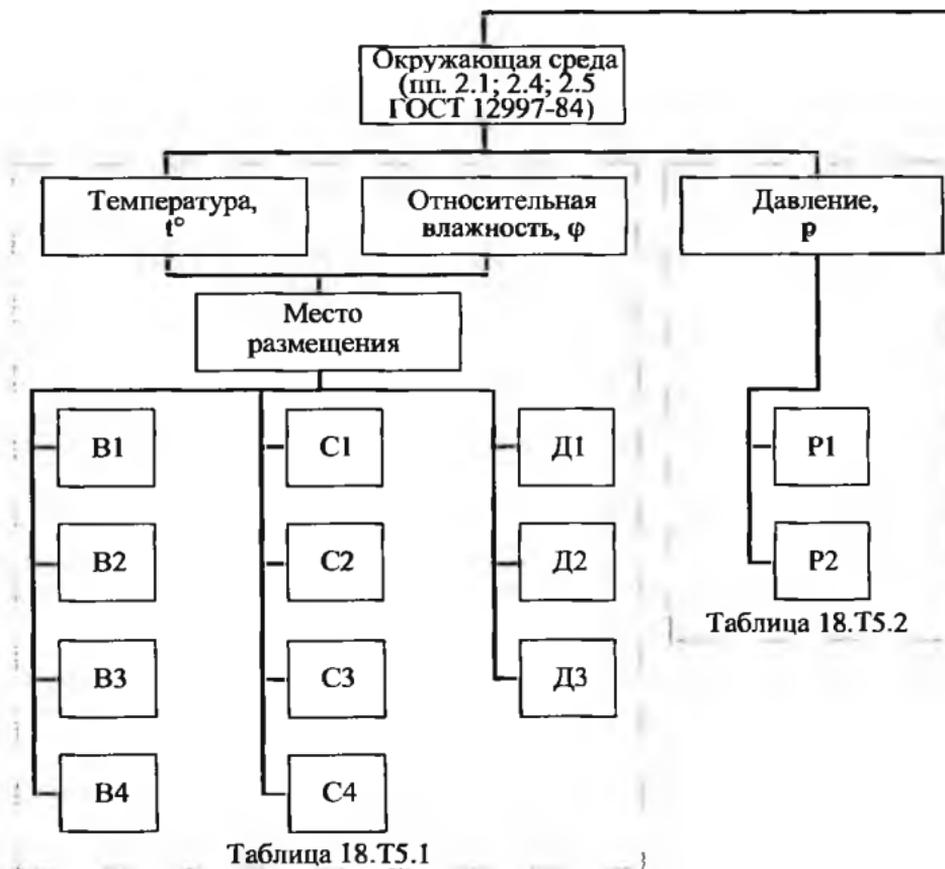
АИ – ввод аналогового сигнала
 АО – вывод аналогового сигнала
 ДИ – ввод дискретного сигнала
 ДО – вывод дискретного сигнала
 РС – цифровой интерфейс
 ~~~~ – электропитание

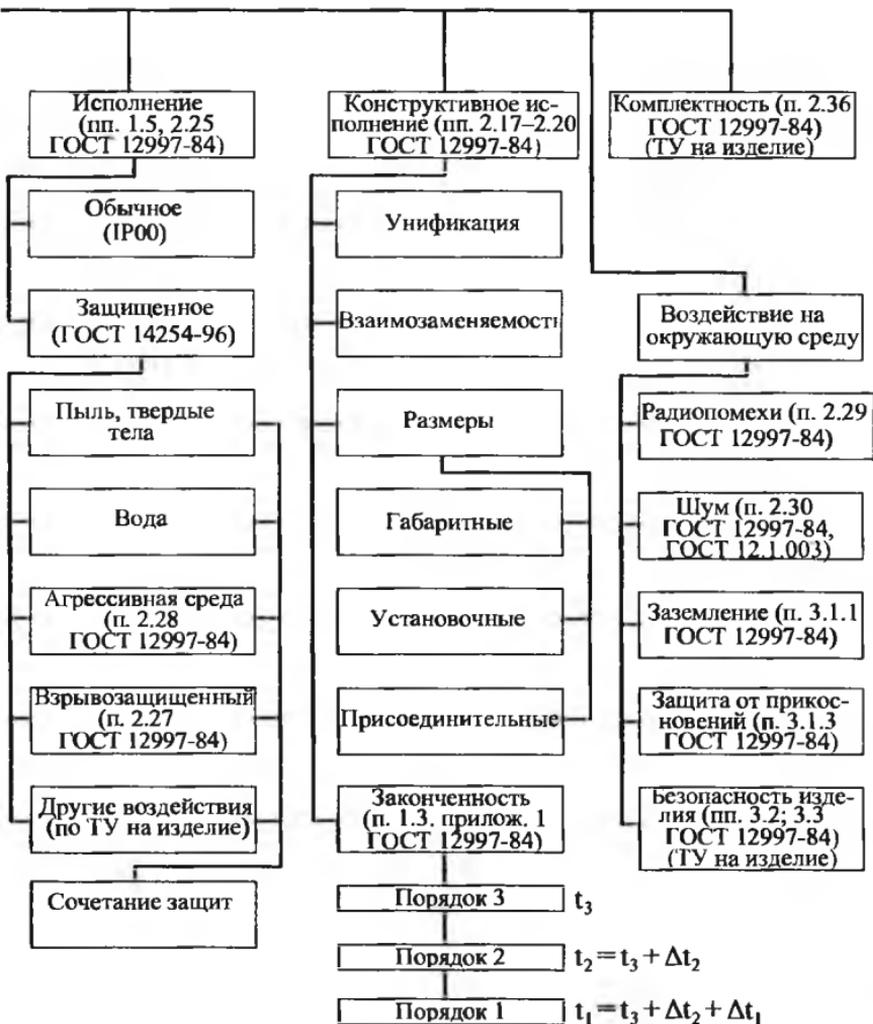
Изделия ГСП, классификация и основные требования



На лист 2







С листа 2

С листа 2

Электрич.магнитное поле (пп. 2.11; 2.12 ГОСТ 12997-84)

Постоянное магнитное поле до 400 А/м

Магнитное поле ~50 Гц до 400 А/м

Радиопомехи (п. 2.13 ГОСТ 12997-84)

Прочие (по ТУ на изделие)

Прочность электрическая (п. 2.16 ГОСТ 12997-84)

Испытательное напряжение (зависит от U цепи)

Сопротивление изоляции (ТУ на изделие)

Схема 18.Сх5.2

## Блок-схема использования в АСУТП измеряемой физической величины

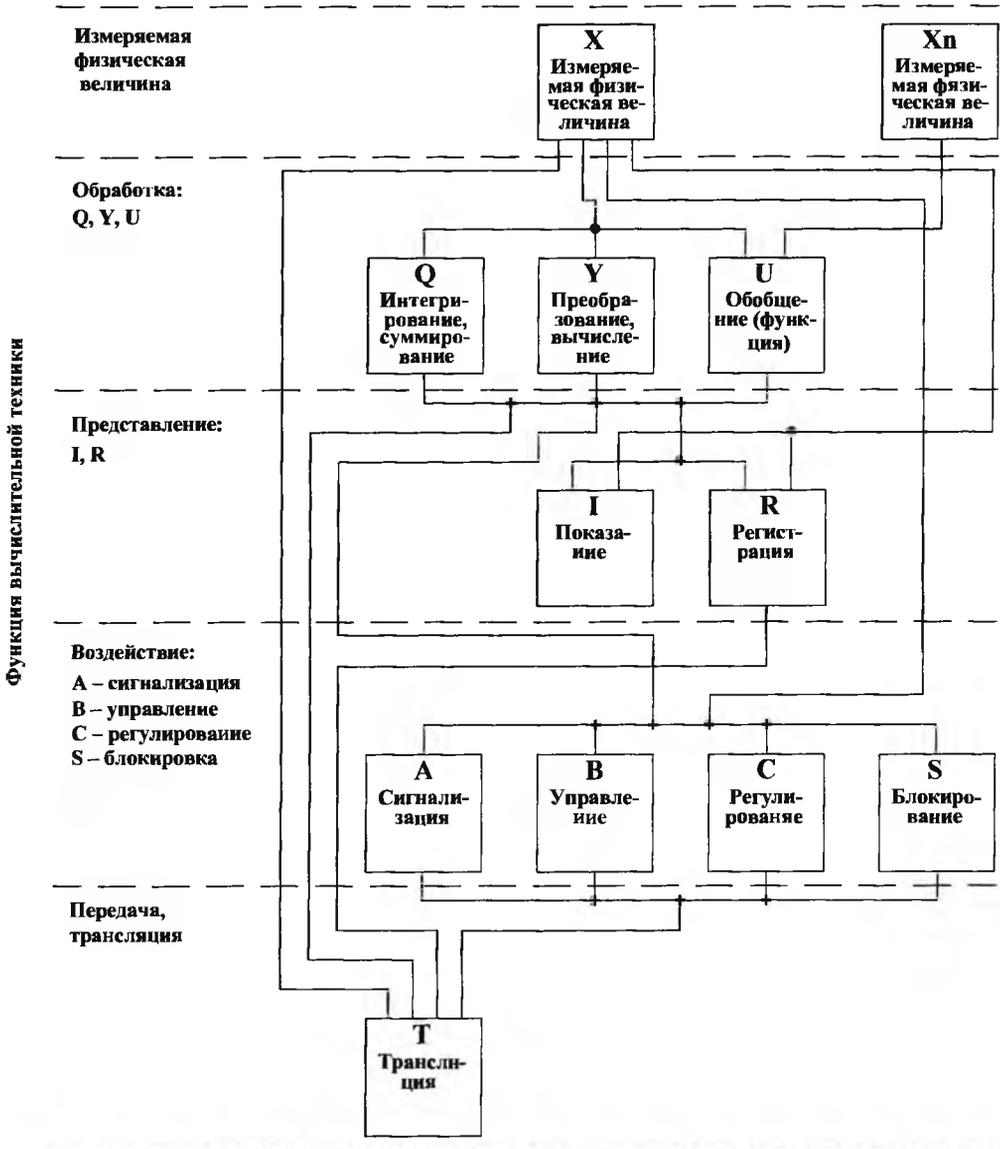
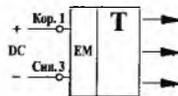


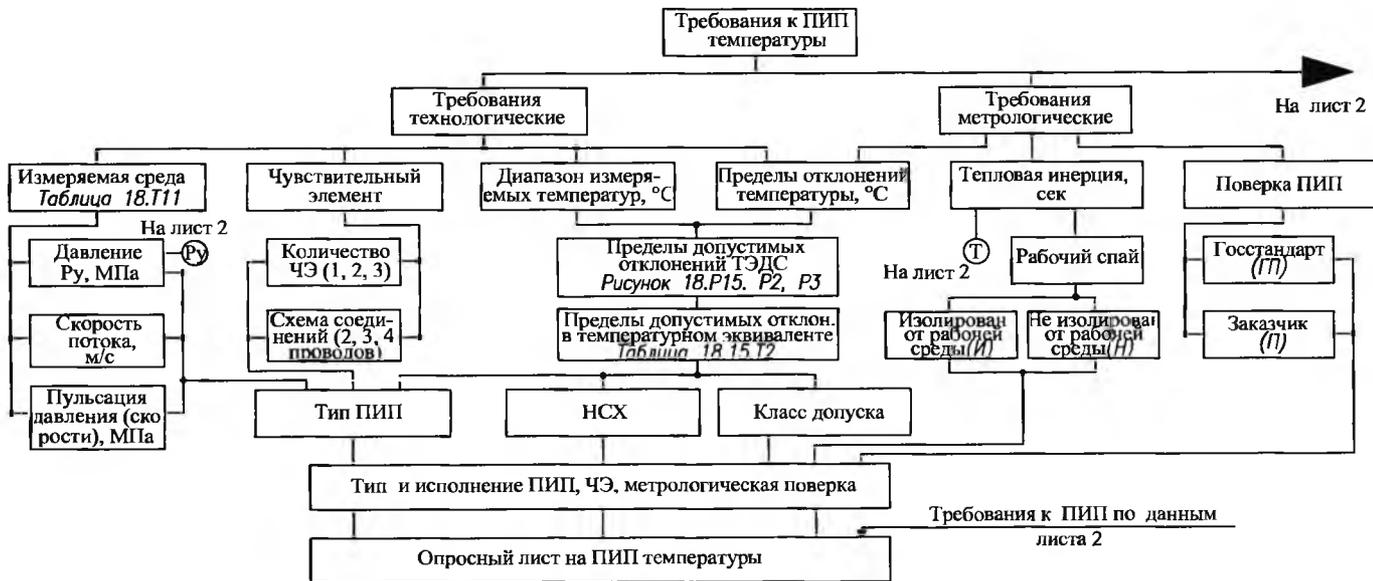
Схема подключения бесконтактных элементов

| Электропитание и элемент                                         |     | Коммутационные функции дискретных элементов |    |     |              |
|------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------|----|-----|--------------|
|                                                                  |     | НО                                          | НЗ | ИЛИ | По программе |
| Постоянный ток<br>трех-,<br>четырёх-<br>проводное<br>подключение | PNP |                                             |    |     | —            |
|                                                                  | NPN |                                             |    |     | —            |
| Постоянный ток<br>двухпроводное<br>подключение                   |     |                                             |    | —   |              |
| Переменный ток<br>двухпроводное<br>подключение                   |     |                                             |    |     |              |
| Постоянный<br>и переменный ток<br>двухпроводное<br>подключение   |     |                                             |    | —   | —            |

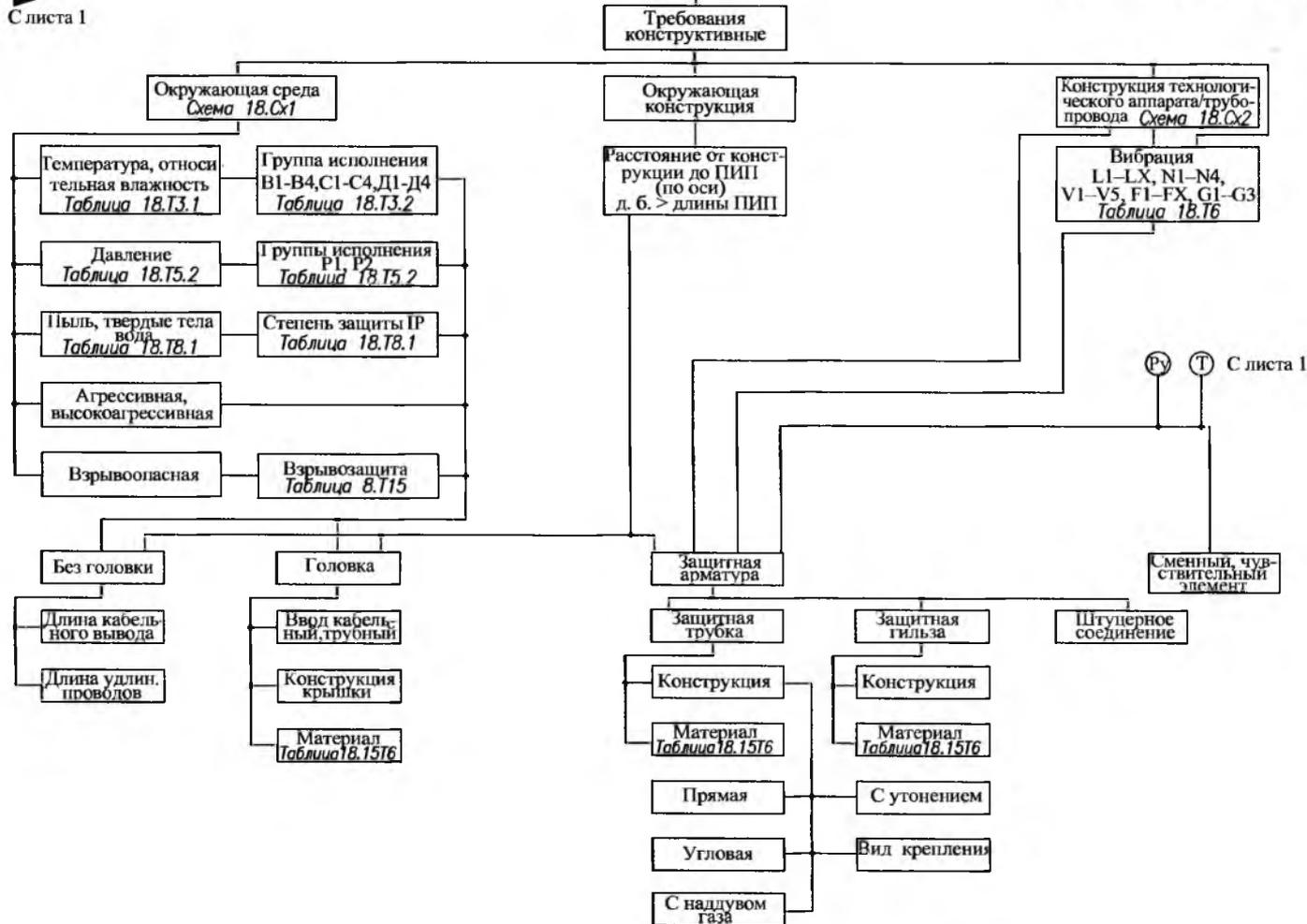
Схема подключения излучателя



### Основные требования к выбору первичного измерительного преобразователя ПИП температуры (термоэлектрического или сопротивления)

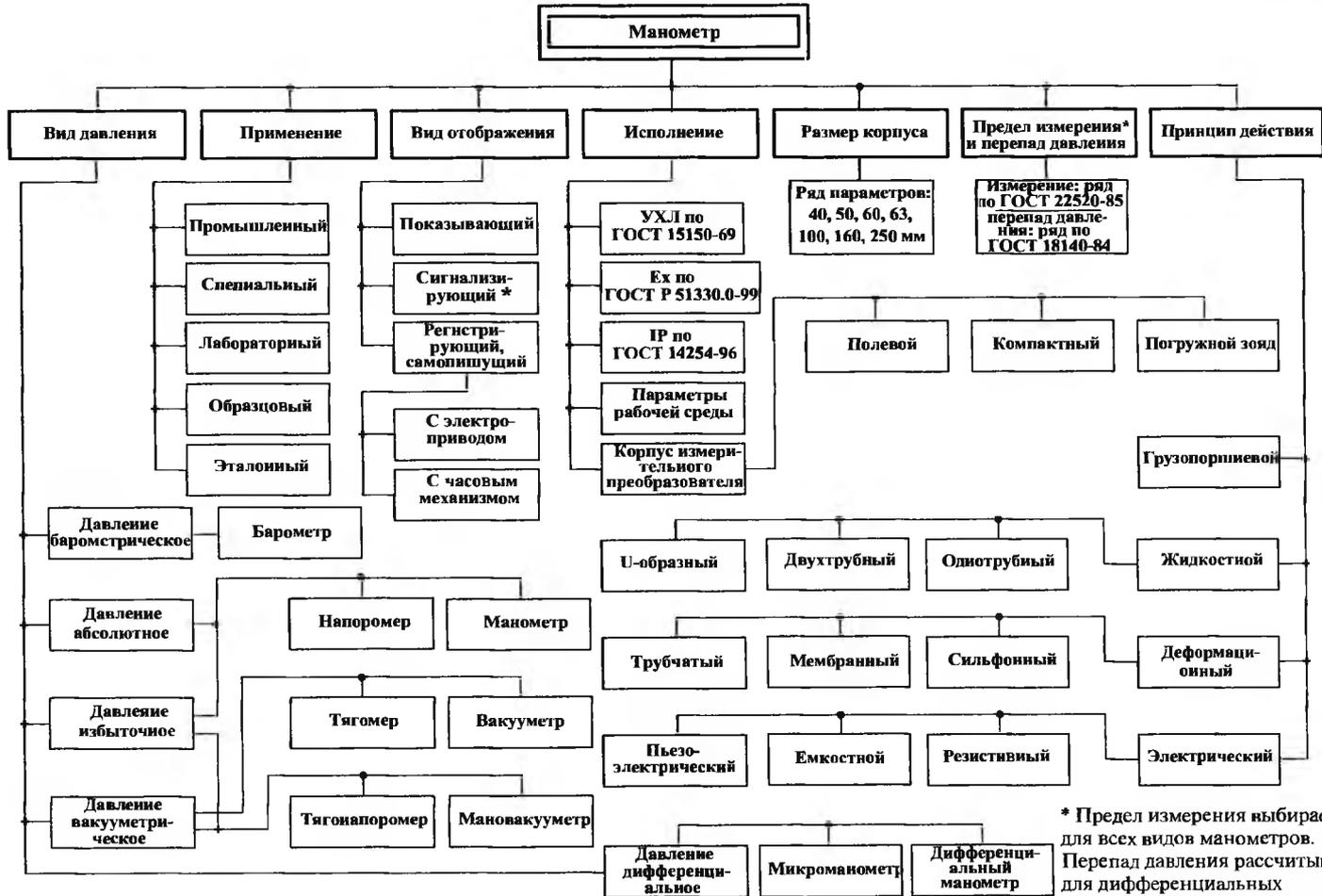


Слиста 1



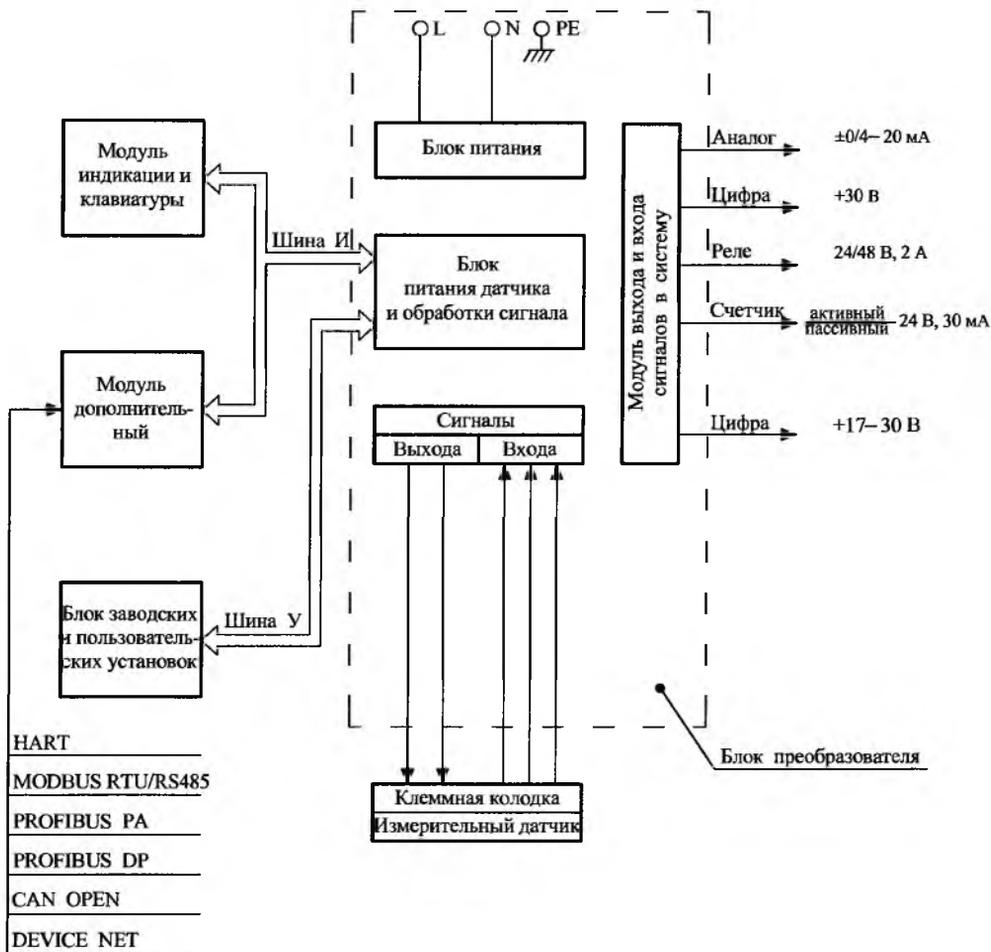
# Классификация манометров

Схема 18.16. Сх1



\* Предел измерения выбирается для всех видов манометров. Перепад давления рассчитывается для дифференциальных манометров и перепадамеров.

## Блок-схема измерительного преобразователя расходомера

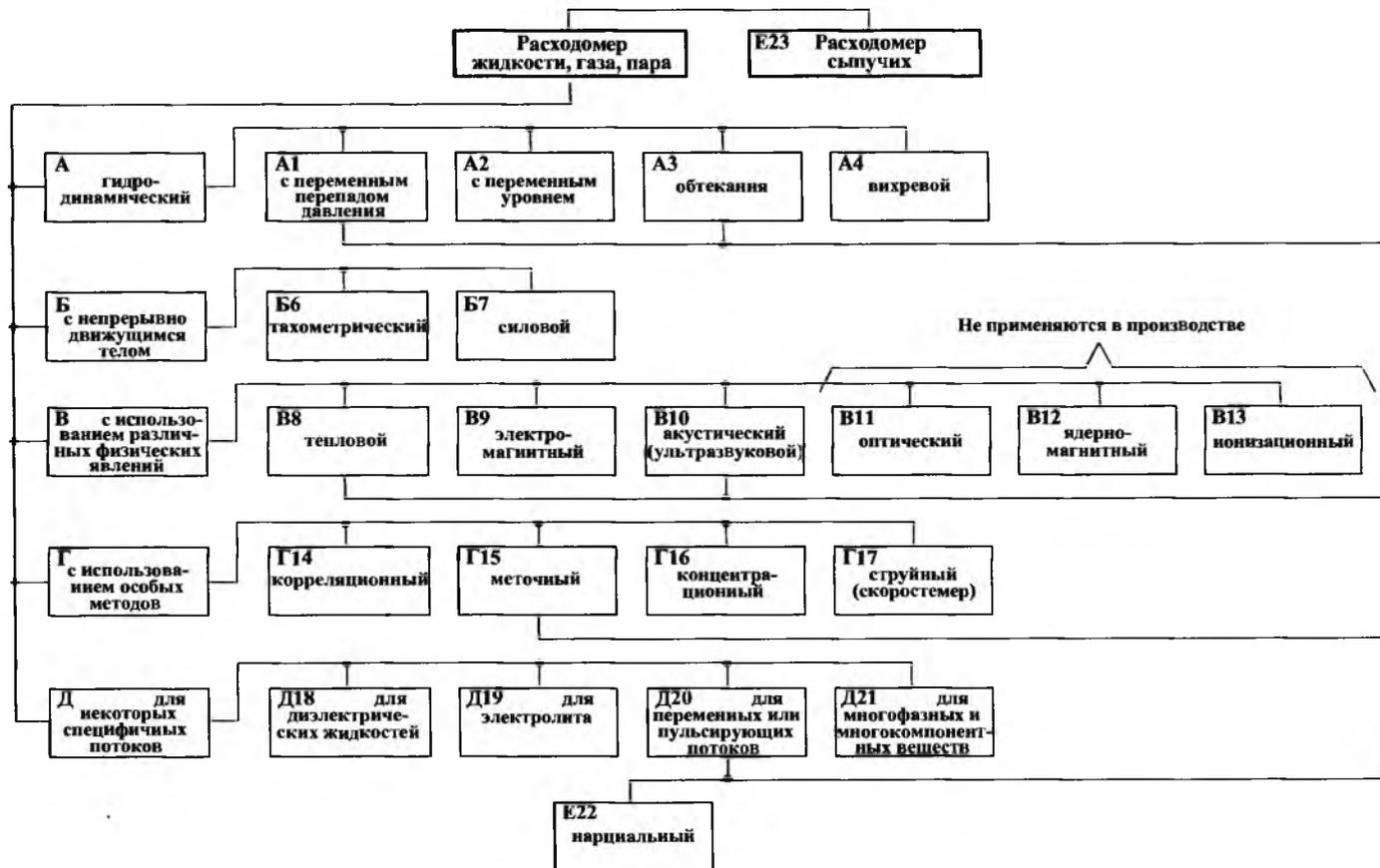


## Примечания:

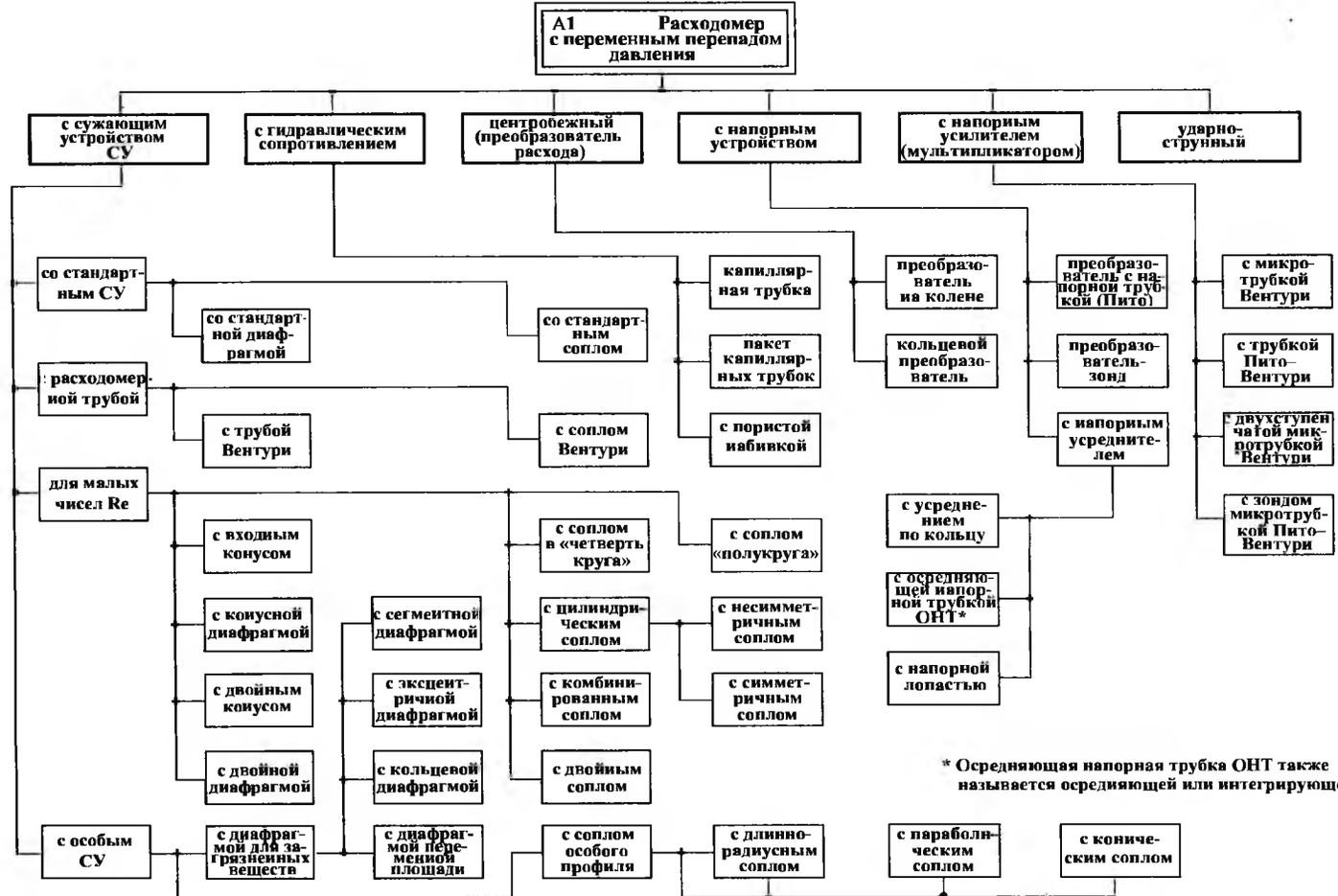
Блок-схема измерительного преобразователя расходомера:

- электромагнитного;
- ультразвукового;
- кориолисового массового.

## Классификация расходомеров



Расходомеры с переменным перепадом давления



\* Осредняющая напорная трубка ОНТ также называется осредняющей или интегрирующей.

## Расходомеры с переменным уровнем

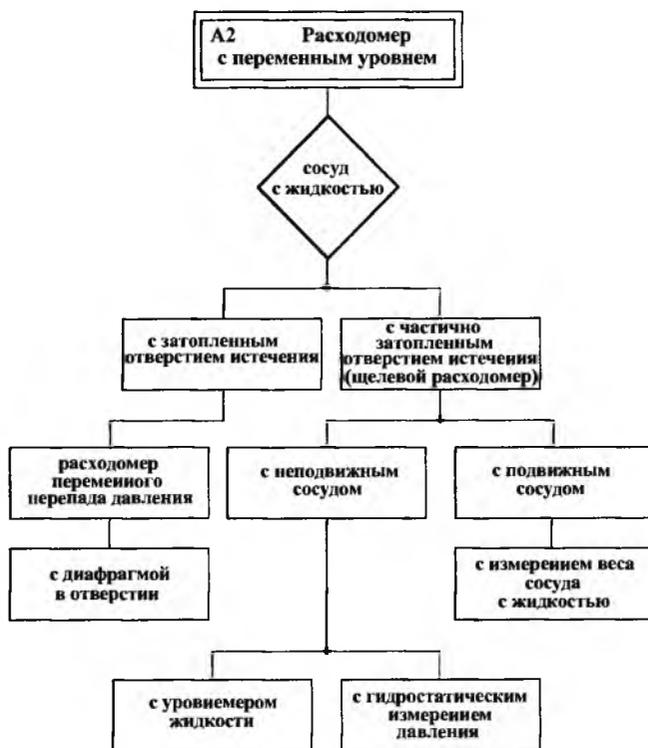


Схема 18.17.СхА3

## Расходомеры обтекания

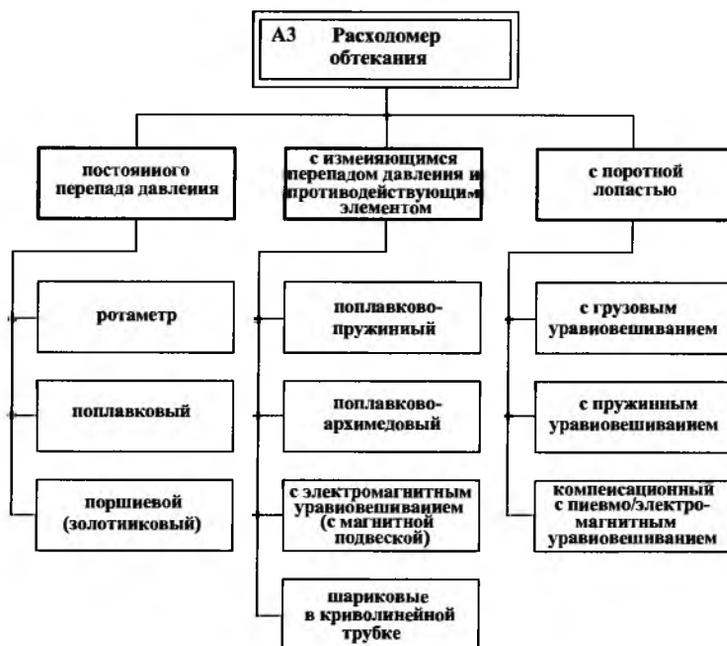
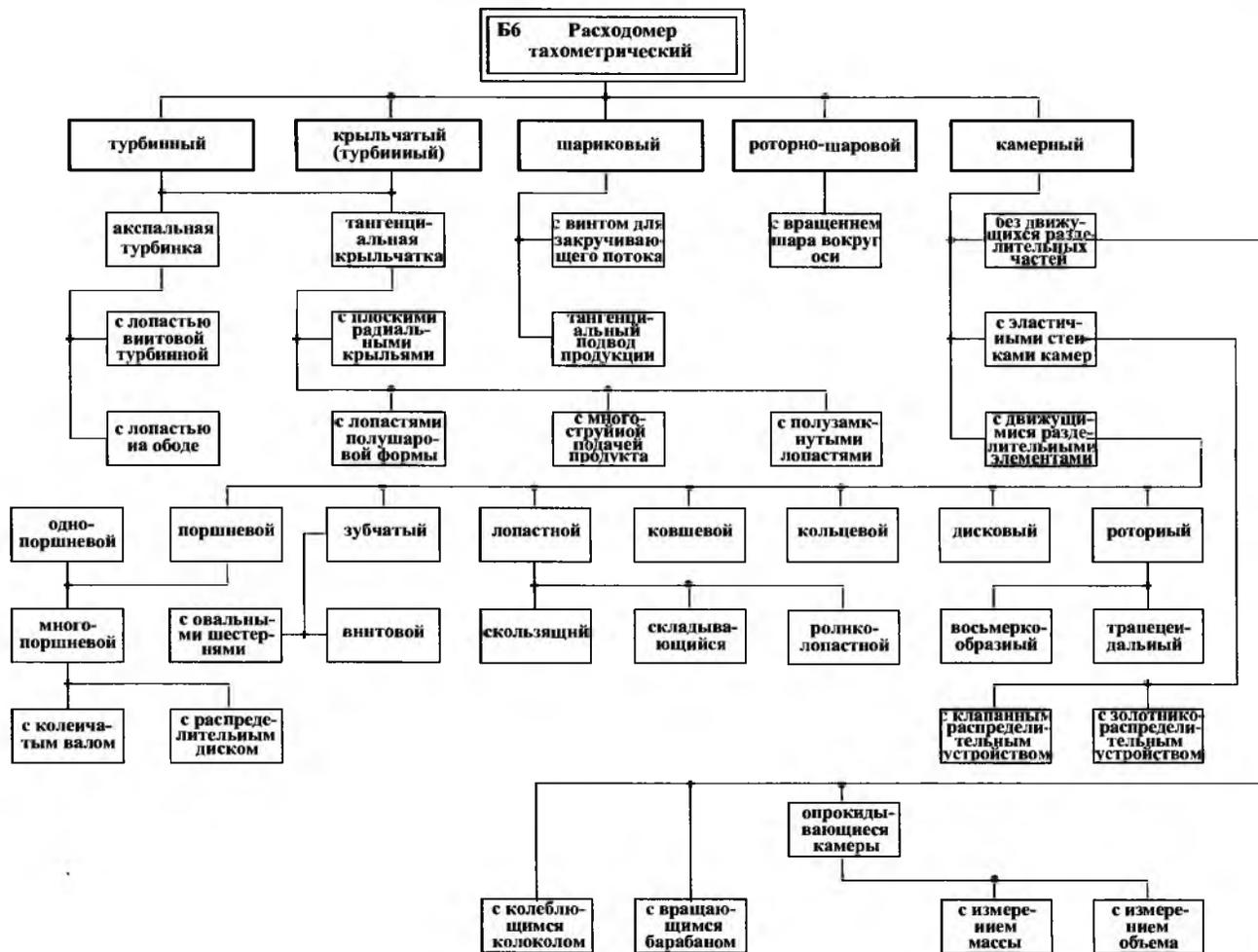


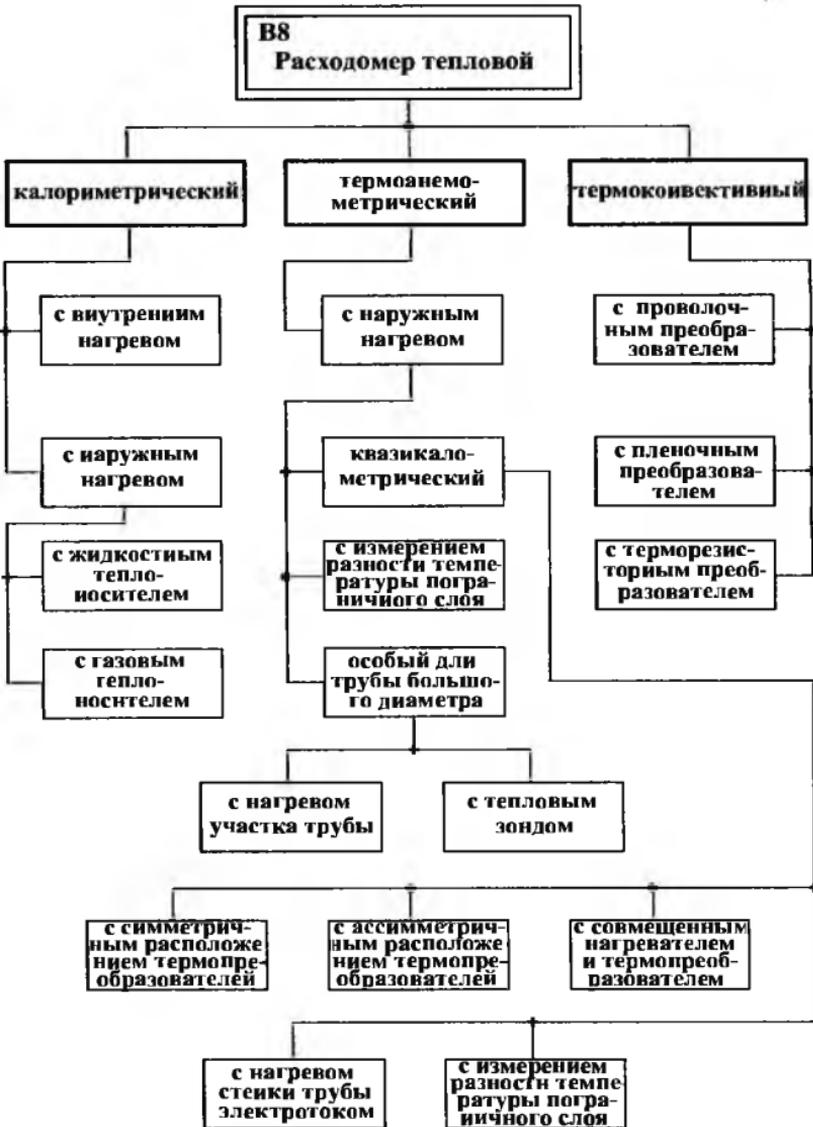
Схема 18.17.СхА4

## Расходомеры вихревые





**Расходомеры тепловые**



## Расходомеры силовые («массовые»)



Схема 18.17.СхВ9

## Расходомеры электромагнитные (индукционные)



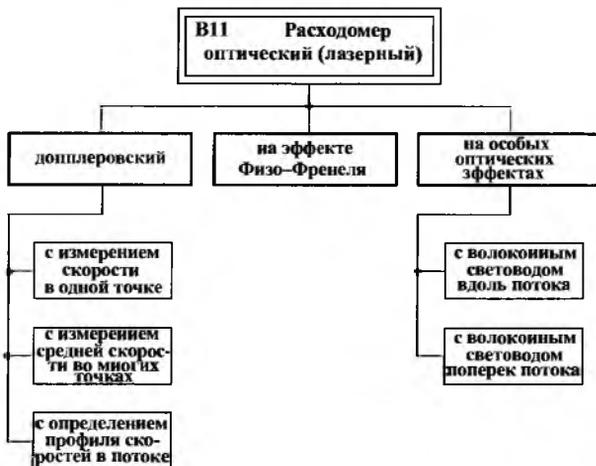
Схема 18.17.СхВ10

## Расходомеры акустические (ультразвуковые)



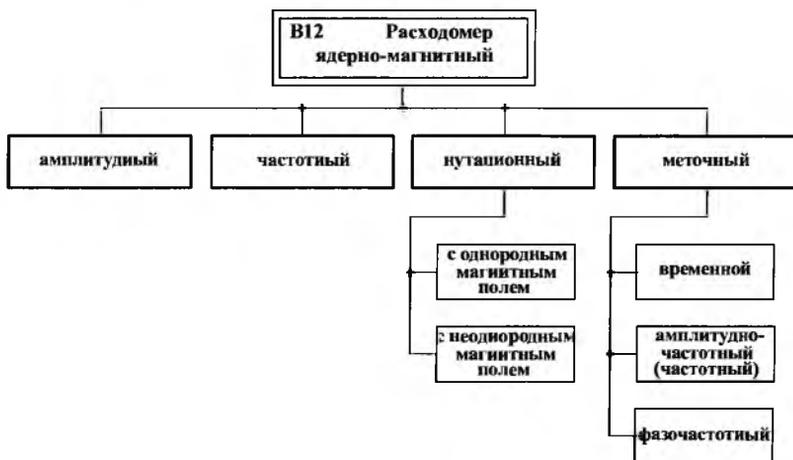
## Расходомеры оптические (лазерные)

Схема 18.17.СхВ11



## Расходомеры ядерно-магнитные

Схема 18.17.СхВ12



## Расходомеры ионизационные

Схема 18.17.СхВ13

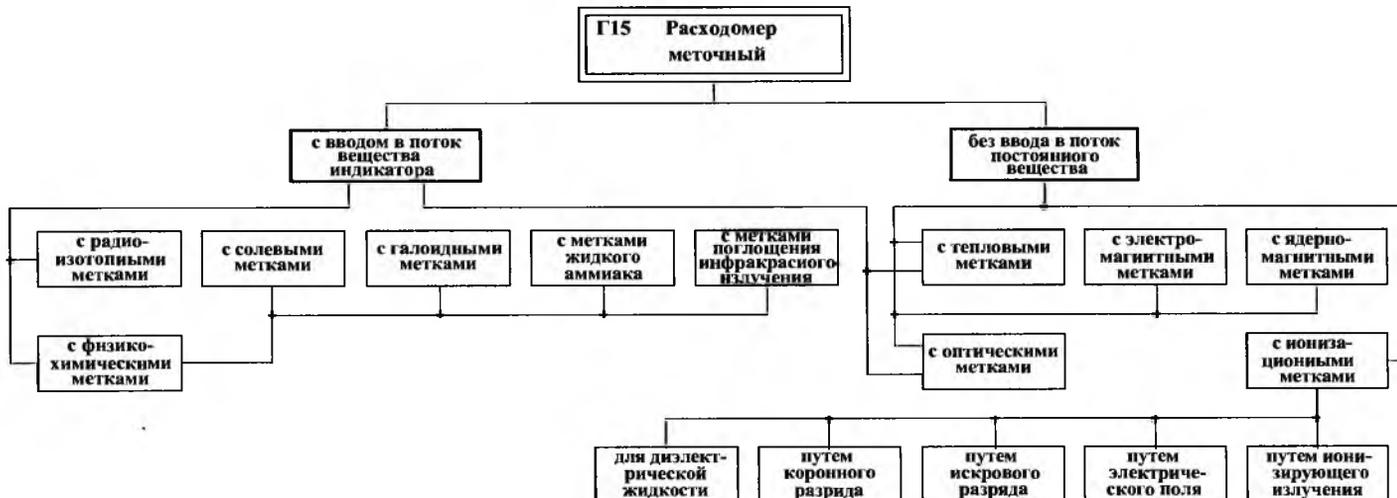


**Расходомеры корреляционные**



Схема 18.17.СхГ15

**Расходомеры меточные**



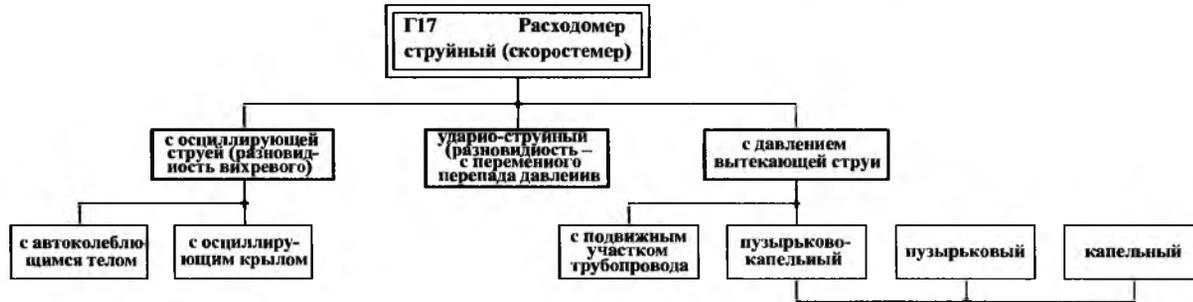
## Расходомеры концентрационные

Схема 18.17.СхГ16



## Расходомеры струйные (скоростемеры)

Схема 18.17.СхГ17

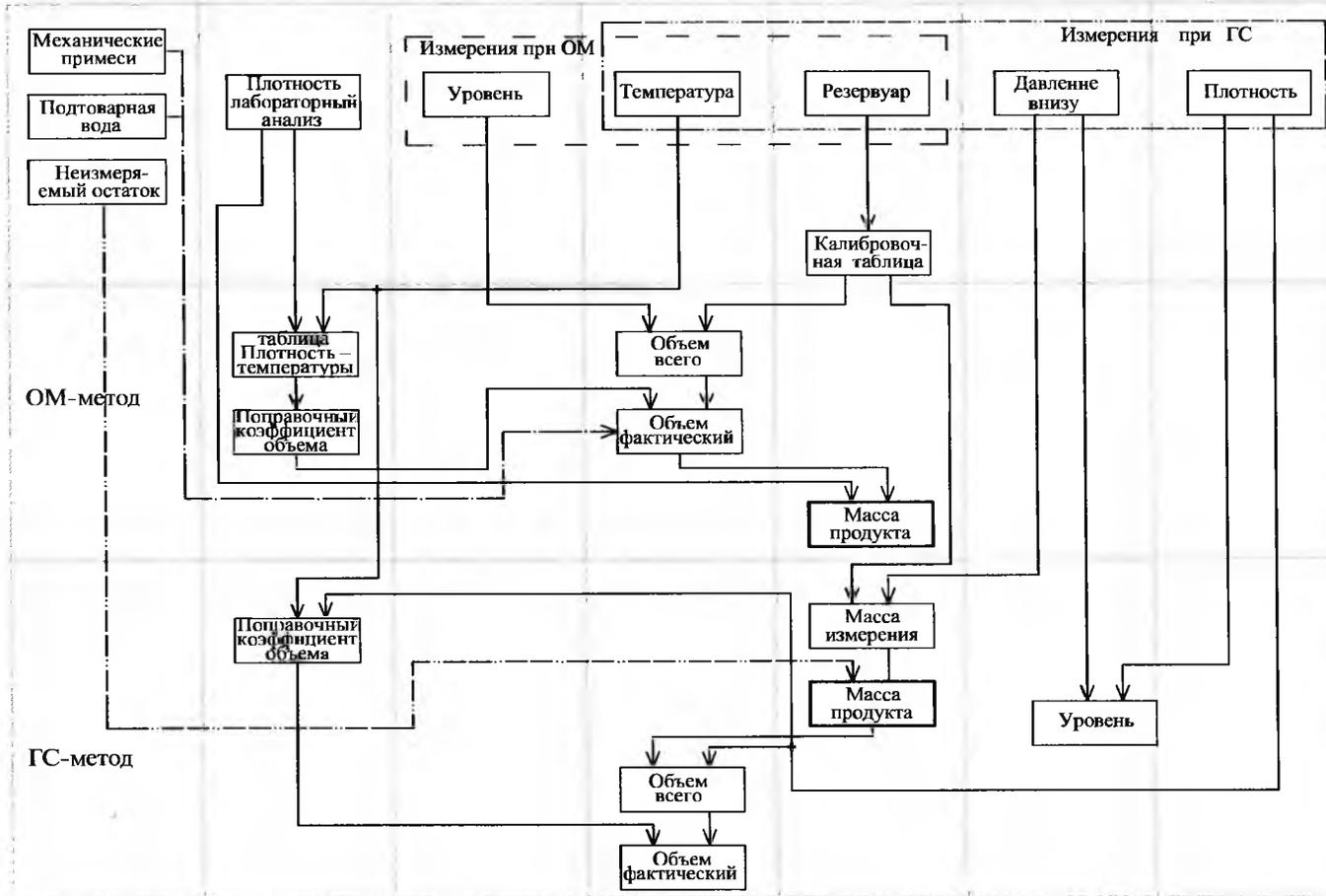


## Расходомеры сыпучих

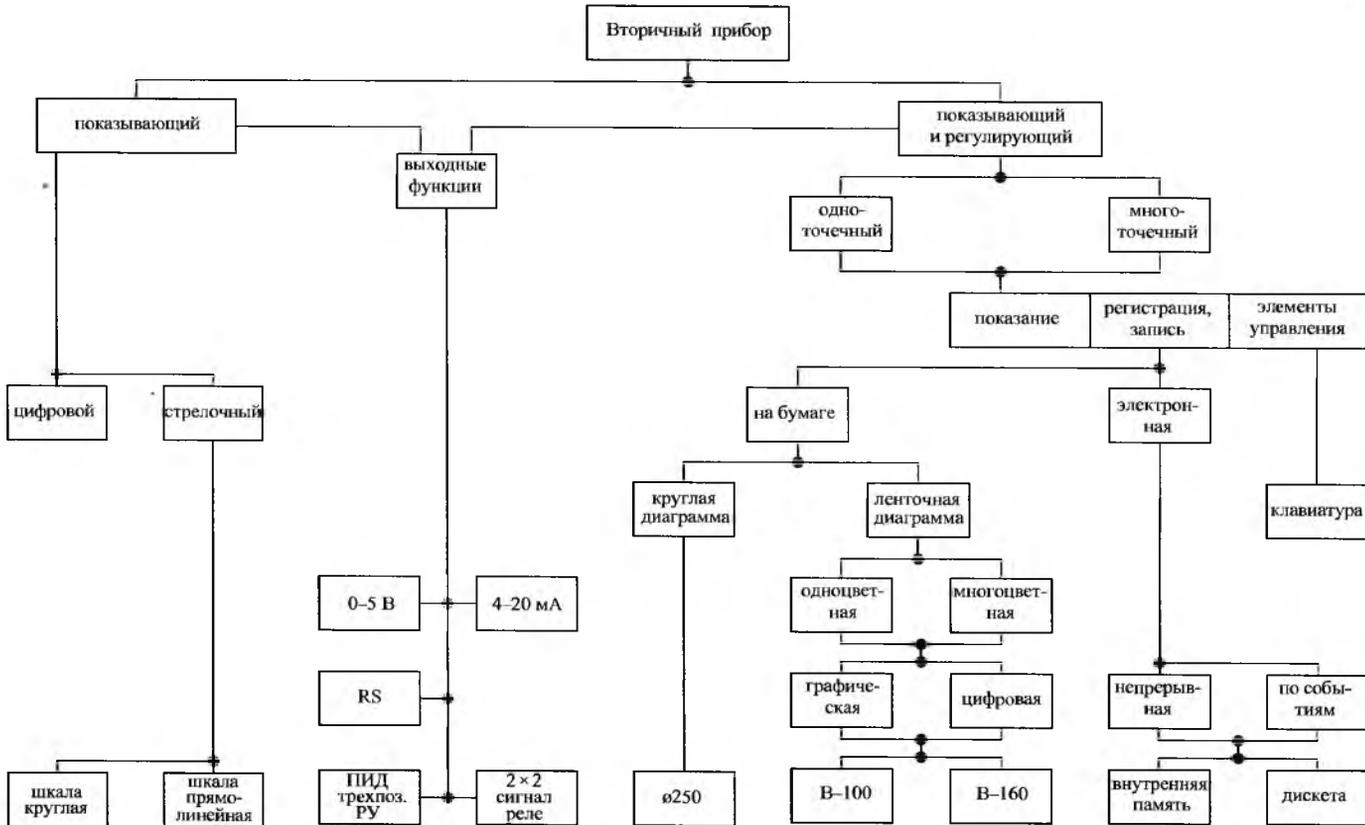
Схема 18.17.СхЕ23



Структурная схема определения массы продукта в резервуаре объемно-массовым ОМ и гидростатическим ГС методами



Функциональный состав вторичного прибора



### Типы климатов, типы и группы макроклиматов для технических целей по ГОСТ 15150-69

Условные обозначения:

АХЛ/АС – Антарктический холодный

ЭХЛ/ЕС – Экстремальный холодный

Хл/С – Холодный

ХлУ/СТ – Холодный умеренный

ТпУ/WT – Теплый умеренный

ТпСУ/WDrT – Теплый сухой умеренный

ТпПр/WTs – Теплый переходный

ЭТпС/EWDг – Экстремальный теплый сухой

ТпВ/WDa – Теплый влажный

ТпВР/WDaE – Теплый влажный равномерный

ХлМ/СМ – Холодный морской

УМ/ГМ\* – Умеренный морской (широта > 30°)

ТМ/Гтм\* – Тропический морской (широта < 30°)

ТУ/WT – Теплый умеренный

ТС/ТгДг – Блок управления

ТВ/ТгDa – Тропический влажный

М/М – Умеренно-холодный морской

ТМ/ТгМ – Тропический морской

УХЛ/АС – Умеренно-холодный

ОМ/УМ – Тропический морской

МгТпС/WWDr – Мягкий теплый сухой

О/WW – Общемировой

Т/Т – Тропический

У/Т – Умеренный

В/У – Всеобщий

| Тип климата                |                       | Значение температуры, среднее из ежегодных абсолютных экстремальных |         | Влажность среднегод. относит., %, при среднегодовой температуре, t° | Тип макроклимата |    |    |   |      |      |   |     | Группа типов макроклимата |   |    |    |   |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|------------------|----|----|---|------|------|---|-----|---------------------------|---|----|----|---|
| Наименование               | обозначение рус./англ | min, °C                                                             | max, °C |                                                                     | АХЛ              | ХЛ | ТУ | У | ТС   | ТВ   | М | ТМ  | УХЛ                       | Т | О  | ОМ | В |
|                            |                       |                                                                     |         |                                                                     | АС               | С  | WT | Т | ТгДг | ТгDa | М | ТгМ | АС                        | Т | WW | UM | U |
| Антарктический холодный    | АХЛ/АС                | -83                                                                 | -5      | —                                                                   | +                | -  | -  | - | -    | -    | - | -   | -                         | - | -  | -  | - |
| Экстремальный холодный     | ЭХЛ/ЕС                | -60                                                                 | +35     | 85 при -6                                                           | -                | +  | -  | - | -    | -    | - | +   | -                         | + | -  | +  |   |
| Холодный                   | Хл/С                  | -50                                                                 | +35     | 85 при -6                                                           | -                | +  | -  | - | -    | -    | - | +   | -                         | + | -  | +  |   |
| Холодный умеренный         | ХлУ/СТ                | -45                                                                 | +35     | 85 при -6                                                           | -                | -  | -  | + | -    | -    | - | +   | -                         | + | -  | +  |   |
| Теплый умеренный           | ТпУ/WT                | -25                                                                 | +35     | 75 при +15                                                          | -                | -  | +  | + | -    | -    | - | +   | -                         | + | -  | +  |   |
| Теплый сухой умеренный     | ТпСУ/WDrT             | -25                                                                 | +40     | 65 при +15                                                          | -                | -  | +  | + | -    | -    | - | +   | -                         | + | -  | +  |   |
| Теплый переходный          | ТпПр/WTs              | +1                                                                  | +40     | 50 при +27                                                          | -                | -  | -  | - | +    | -    | - | -   | +                         | + | -  | +  |   |
| Мягкий теплый сухой        | МгТпС/WWDr            | -10                                                                 | +40     | 50 при +27                                                          | -                | -  | -  | - | +    | -    | - | -   | +                         | + | -  | +  |   |
| Экстремальный теплый сухой | ЭТпС/EWDг             | +3                                                                  | +50*    | 40 при +27                                                          | -                | -  | -  | - | +    | -    | - | -   | +                         | + | -  | +  |   |
| Теплый влажный             | ТпВ/WDa               | +1                                                                  | +40     | 80 при +22                                                          | -                | -  | -  | - | -    | +    | - | -   | +                         | + | -  | +  |   |
| Теплый влажный равномерный | ТпВР/WDaE             | +13                                                                 | +35     | 80 при +27                                                          | -                | -  | -  | - | -    | +    | - | -   | +                         | + | -  | +  |   |
| Холодный морской           | ХлМ/СМ                | -40                                                                 | +30     | 80 при +6                                                           | -                | -  | -  | - | -    | -    | + | -   | -                         | - | +  | +  |   |
| Умеренный морской          | УМ/ГМ*                | -30                                                                 | +40     | 80 при +22                                                          | -                | -  | -  | - | -    | -    | + | -   | -                         | - | +  | +  |   |
| Тропический морской        | ТМ/ТгМ*               | +11                                                                 | +45     | 70 при +29<br>(80 при +27)                                          | -                | -  | -  | - | -    | -    | - | +   | -                         | - | +  | +  |   |

Таблица 18.Т2

## Категории размещения изделий по ГОСТ 15150-69

| Узловые категории                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             | Дополнительные категории                                                                                                                                                                                                            |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Обозначение | Характеристика                                                                                                                                                                                                                      | Обозначение (по десятичной системе) |
| Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1           | Для хранения в процессе эксплуатации в помещениях категории 4 и работы как в условиях категории 4, так и кратковременно в других условиях, в том числе на открытом воздухе                                                          | 1.1                                 |
| Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)                                                                                 | 2           | Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 1; 1.1; 2, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри радиоэлектронной аппаратуры) | 2.1                                 |
| Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе. Например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги) | 3           | Для эксплуатации в нерегулярно отапливаемых помещениях                                                                                                                                                                              | 3.1                                 |

Окончание табл. 18.Т2

| Узкие категории                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                   | Дополнительные категории                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Условительная характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Объемные значения | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Объемные значения (по десятичной системе) |
| Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемы-ми климатическими условиями, на-пример, в закрытых отопляемых или охлаждаемых и вентилируемых под-земных помещениях (отсутствие воз-действия атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; от-сутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)                                                     | 4                 | Для эксплуатации в помеще-ниях с кондиционирован-ным или частично конди-онированным воздухом                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4.1                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                   | Для эксплуатации в лабора-торных, капитальных жи-лых и других подобного ви-да помещениях                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4.2                                       |
| Для эксплуатации в помещениях (объ-емах) с повышенной влажностью (на-пример, в неотапливаемых и невен-тилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно дли-тельное наличие воды или частая кон-денсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидро-металлургических производств и т. п.) | 5                 | Для эксплуатации в помеще-ниях с кондиционирован-ным или частично конди-онированным воздухом.<br>Для эксплуатации в лабора-торных, капитальных жилых и других подобного вида по-мещениях<br><br>Для эксплуатации в каче-стве встроенных элементов внутри комплектных изде-лий категорий 5, конструк-ция которых исключает воз-можность конденсации вла-ги на встроенных элементах (например, внутри радио-электронной аппаратуры) | 5.1                                       |

**Примечание.**

Не изготавливают изделия видов климатических исполнений У4 и ХЛ4; У4.1 и ХЛ4.1; У4.2 и ХЛ4.2; Т4; Т4.1; Т4.2; ТС2.1; О3; О3.1, так как изделия этих видов климатических исполне-ний удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделиям следующих видов климатиче-ских исполнений соответственно: УХЛ4; УХЛ4.1; УХЛ4.2; О4; О4.1; О4.2; ТС2; В3; В3.1.

### Эксплуатация изделий различного исполнения в разных условиях их размещения на высотах до 1000 м в зависимости от температуры окружающего воздуха

| Категория размещения изделия | Исполнение изделий |   |   |    | Температура окружающей среды (рабочая и грудельно рабочая) при эксплуатации, °С |                     |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     | Отклонение для влажности воздуха, % / температура, °С |                 |
|------------------------------|--------------------|---|---|----|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------|-----------------|
|                              | УХЛ                | Т | О | ОМ | В                                                                               | -70                 | -60 | -50 | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 | +40 | +50 |                                                       | +60             |
| 1, 1.1,<br>2, 2.1            | +                  |   |   |    |                                                                                 | -70) -60 - +40(+45) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/25          |
|                              |                    | + |   |    |                                                                                 | -10 - +50(+60)      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/35          |
|                              |                    |   | + |    | +                                                                               | -70) -60 - +50(+60) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/35          |
|                              |                    |   |   | +  |                                                                                 | -40 - +45           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/35          |
| 3                            | +                  |   |   |    |                                                                                 | -70) -60 - +40(+45) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/25           |
|                              |                    | + |   |    |                                                                                 | -10 - +50(+60)      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              |                    |   |   | +  |                                                                                 | -40 - +45           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              |                    |   |   |    | +                                                                               | -70) -60 - +50(+60) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
| 3.1                          | +                  |   |   |    |                                                                                 | -10 - +40(+45)      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/25           |
|                              |                    | + |   |    | +                                                                               | -10 - +50(+60)      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
| 4                            |                    |   |   | +  |                                                                                 | +10 - +45           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              | +                  |   |   |    |                                                                                 | +1 - +35(+40)       |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 80/25           |
|                              |                    | + | + |    |                                                                                 | +1 - +45(+55)       |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              |                    |   |   | +  |                                                                                 | -10 - +45           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
| 4.1                          |                    |   |   | +  |                                                                                 | -10 - +45(+55)      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              | +                  | + | + |    | +                                                                               | (+1) +10 - +25(+40) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 80/25           |
| 4.2                          |                    |   |   | +  |                                                                                 | (+1) +15 - +35(+40) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 80/25           |
|                              | +                  |   |   |    |                                                                                 | (+10) +1 - +35(+40) |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 80/25           |
|                              |                    | + |   |    |                                                                                 | +10 - +45           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              |                    |   | + |    |                                                                                 | (+1) +10 - +45      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
| 5, 5.1                       |                    |   |   | +  |                                                                                 | (+1) +10 - +40      |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              |                    |   |   |    | +                                                                               | +1 - +45            |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 98/35           |
|                              | +                  |   | + |    |                                                                                 | -10 - +35           |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/25 (100/50) |
|                              |                    | + |   |    |                                                                                 | +1 - +35            |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |                                                       | 100/35          |
|                              |                    |   | + | +  | -40 - +45                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     | 100/35                                                |                 |

## Примечания:

- Категории размещения изделий приведены в таблице 18.Т2.
- Климатические исполнения изделий указывают на возможность эксплуатации изделия в группах макроклиматических районов: УХЛ1 – умеренно-холодном; Т – тропическом; О – общемировом; ОМ – общеклиматическом морском; В – всеобщем.
- Верхнее значение относительной влажности при указанной температуре и более низких температурах.

- Не изготавливают изделия видов климатических исполнений У4 и ХЛ4; У4.1 и ХЛ4.1; У4.2 и ХЛ4.2; Т4; Т4.2; ТС2.1; О3; О3.1, так как изделия этих видов климатических исполнений удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделиям следующих видов климатических исполнений соответственно: УХЛ4; УХЛ4.1; УХЛ4.2; О4.1; О4.2; ТС2; В3; В3.1.

**Изделия ГСП третьего порядка, устойчивые к воздействию температуры  
и влажности окружающей среды на высотах до 1000 м**

Таблица 18.Т3.2

| Категория размещения изделия по ГОСТ 15150-69 | ГОСТ 12997-84                     |                               | Температура окружающей среды при эксплуатации, °С |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Относительная влажность (верхнее знач.), % / температура, °С | Наличие конденсации влаги |        |           |           |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------|---------------------------|--------|-----------|-----------|
|                                               | Место размещения при эксплуатации | Группа исполнения изделия ГСП | -65                                               | -60 | -50 | -40 | -30 | -20 | -10 | 0   | +10 | +20 | +30 | +40 | +50 | +60 | +70 |                                                              |                           | +80    | +85       |           |
| 4, 4.1                                        | 1*                                | V1                            |                                                   | +10 | +35 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           | 75/30  | без конд. |           |
|                                               |                                   | V2                            |                                                   |     |     |     | +5  | +40 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 75/30     | без конд. |
|                                               |                                   | V3                            |                                                   | +5  | +40 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 95/30     | без конд. |
|                                               |                                   | V4                            |                                                   |     |     |     | +5  | +50 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 80/35     | без конд. |
| 2, 2.1<br>3. 3.1                              | 2*                                | C1                            |                                                   | -25 | +55 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           | 100/30 | с конд.   |           |
|                                               |                                   | C2                            |                                                   |     |     |     |     |     |     | -40 | +70 |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 100/30    | с конд.   |
|                                               |                                   | C3                            |                                                   | -10 | +50 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 95/35     | без конд. |
|                                               |                                   | C4                            |                                                   |     |     |     |     |     |     | -30 | +50 |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 95/35     | без конд. |
| 1, 1.1                                        | 3*                                | D1                            |                                                   |     |     |     |     |     |     | -25 | +70 |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           | 100/40 | с конд.   |           |
|                                               |                                   | D2                            |                                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 100/40    | с конд.   |
|                                               |                                   | D3                            |                                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                              |                           |        | 95/35     | без конд. |

**Обозначения:**

1\*. Обогреваемые и (или) охлаждаемые помещения без непосредственного воздействия солнечных лучей, осадков, ветра, песка и пыли, отсутствует или незначительное воздействие конденсации.

2\*. Помещения с нерегулируемыми климатическими условиями и (или) навесы. Изделия могут быть влажными в результате конденсации, вызванной резкими изменениями температуры или в результате воздействия заносимых ветром осадков и капель воды.

3\*. Открытое пространство. Изделия подвергаются воздействию атмосферных факторов (непосредственный нагрев солнечными лучами, ветер, дождь, снег и др.). Могут появляться резкие изменения температуры, изменения могут быть в результате конденсации, воздействия осадков, брызг.

**Примечания:**

1. Категории размещения изделий по ГОСТ 15150-69 приведены в таблице 18.Т2.

2. Верхнее значение относительной влажности при указанной в дробе температуре и более низких температурах.

3. Изделия групп исполнения С и Д должны быть устойчивыми к воздействию других климатических факторов по ГОСТ 15150. При этом к изделиям группы исполнения С следует предъявить требования как к изделиям категорий 2(2.1) или 3(3.1) по ГОСТ 15150; к изделиям группы исполнения Д – как к изделиям категории 1(1.1) по ГОСТ 15150, к изделиям группы исполнения В требования к устойчивости при воздействии других климатических факторов не предъявляют.

4. Для групп исполнений С1, С2, С3, С4, Д1, Д2 и Д3 скорости изменения температуры следует выбирать из ряда: 5, 10, 20 °С/ч и устанавливать в стандартах и (или) технических условиях на изделия конкретных групп (видов).

Таблица 18.Т4

**Типы атмосферы на открытом воздухе по содержанию коррозионно-активных агентов и СА, предназначенные для эксплуатации в этой атмосфере**

| Типы атмосферы |                        | Содержание коррозионно-активных агентов, мг/м <sup>2</sup> ·сут (мг/м <sup>3</sup> ) |           | Основные виды исполнения СА, предназначенные для эксплуатации в атмосфере |
|----------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| Обозначение    | Наименование           | Сернистый газ                                                                        | Хлориды   |                                                                           |
| I              | Условно-чистая         | Менее 20<br>(менее 0,025)                                                            | Менее 0,3 | Исполнения:<br>У, ТУ, УХ (ХЛ), ТС, Т, ТВ<br>Вид исполнения: 4, 4.1, 4.2   |
| II             | Промышленная           | 20–250<br>(0,025×0,31)                                                               | Менее 0,3 | То же                                                                     |
| III            | Морская                | Менее 20<br>(менее 0,025)                                                            | 30–300    | М, ТМ, ОМ, В                                                              |
| VI             | Приморско-промышленная | 20–250<br>(0,025–0,31)                                                               | 0,3–30    | О (кроме 4; 4.1; 4.2), В                                                  |

*Примечание.*

В таблице использованы данные, приведенные в п. 3.14 ГОСТ 15150-69.

Таблица 18.Т5.1

**Место расположения изделий третьего порядка различных групп исполнения по температуре и влажности по ГОСТ 12997-84**

| Место размещения                                                                                                                                                                                                                          | Диапазон температуры окр. воздуха, °С |                  | Верхнее значение относительной влажности, %                     | Группа исполнения |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                           | Нижнее значение                       | Верхнее значение |                                                                 |                   |
| Обогреваемые и/или охлаждаемые помещения без непосредственного воздействия солнечных лучей, осадков, ветра, песка, пыли, отсутствие или незначительное воздействие конденсации                                                            | +10                                   | +35              | 75 при 30 °С и более низких температурах без конденсации влаги  | B1                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | +5                                    | +40              |                                                                 | B2                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | +5                                    | +40              | 95 при 30 °С и более низких температурах, без конденсации влаги | B3                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | +5                                    | +50              |                                                                 | B4                |
| Помещения с нерегулируемыми климатическими условиями и/или наветсы. Изделия могут быть влажными в результате конденсации, вызванной резкими изменениями температуры или в результате воздействия заносимых ветром осадков и капающей воды | -25                                   | +55              | 100 при 30 °С и более низких температурах, с конденсацией влаги | C1                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | -40                                   | +70              |                                                                 | C2                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | -10                                   | +50              | 95 при 35 °С и более низких температурах, без конденсации влаги | C3                |
|                                                                                                                                                                                                                                           | -30                                   | +50              |                                                                 | C4                |

Окончание табл. 18.Т5.1

| Место размещения                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Диапазон температуры окр. воздуха, °С |                                    | Ветровое значение относительной влажности, %                    | Группа исполнения |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Нижнее значение                       | Верхнее значение                   |                                                                 |                   |
| Открытое пространство. Изделия подвергаются воздействию атмосферных факторов (непосредственный нагрев солнечными лучами, ветер, дождь, снег, град, обледенение). Могут появляться некоторые изменения температуры, изделия могут быть влажными в результате конденсации, воздействия осадков, брызг, утечек | -25                                   | +70                                | 100 при 40 °С и более низких температурах, с конденсацией влаги | Д1                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -50                                   | +85<br>100,<br>125,<br>155,<br>200 |                                                                 | Д2                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -50,<br>-60,<br>-65                   | +50                                | 95 при 35 °С и более низких температурах, без конденсации влаги | Д3                |

Таблица 18.Т5.2

Место размещения изделий различных групп исполнения по атмосферному давлению

| Место размещения                     | Диапазон атмосферного давления, кПа* |                  | Группа исполнения |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|
|                                      | Нижнее значение                      | Верхнее значение |                   |
| На высоте до 1000 м над уровнем моря | 84                                   | 106,7            | Р1                |
| На высоте до 3000 м над уровнем моря | 66                                   |                  | Р2                |

\* 66 кПа = 495 мм рт. ст.; 84 кПа = 630 мм рт. ст.; 106,7 кПа = 800 мм рт. ст.

Таблица 18.Т5.3

Средства автоматизации химостойкого исполнения для эксплуатации в условиях агрессивных сред

| Вид химостойкого исполнения | Область применения (примеры)                                                                                     | Номинальные условия эксплуатации                      |                                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                  | Климатические факторы по ГОСТ 15150-69                | Концентрация агрессивных сред при длительном воздействии |
| Х 1                         | Химическая и нефтехимическая промышленность                                                                      | УХЛ 4                                                 | ПДК <sub>р.з.</sub>                                      |
| Х 2                         | Химическая и нефтехимическая промышленность                                                                      | УХЛ 3, У 3, О 4                                       | ПДК <sub>р.з.</sub>                                      |
|                             | Шахта и рудник                                                                                                   | УХЛ 3,5; У 3,5                                        | ПДК <sub>р.з.</sub>                                      |
| Х 3                         | Химическая и нефтехимическая промышленность, сельскохозяйственное помещение, судно в районе с агрессивной средой | УХЛ 4                                                 | 1 ПДК <sub>р.з.</sub> – 3 ПДК <sub>р.з.</sub>            |
|                             | Сельскохозяйственное помещение с агрессивной средой                                                              | В 3,5 (примечание 2)<br>УХЛ 3,5; У 3,5 (примечание 3) | ПДК <sub>р.з.</sub><br>До 2ПДК <sub>р.з.</sub>           |

Примечания:

1. Таблица составлена на основании таблицы п. 7 и таблицы приложения 5 ГОСТ 24682-81.
2. Допускается эксплуатация СА при концентрации SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> до 2 ПДК<sub>р.з.</sub>.
3. Допускается эксплуатация СА при концентрации H<sub>2</sub>S до 3ПДК<sub>р.з.</sub>.

Таблица 18.Т6

## Место размещения изделий различных групп исполнения по вибрации

| Место размещения                                                                                   | Амплитуда                                      |                                                              | Частота, Гц | Группа исполнения |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|
|                                                                                                    | Смещение для частоты ниже частоты перехода, мм | Смещение для частоты выше частоты перехода, м/с <sup>2</sup> |             |                   |
| Места, защищенные от существенных вибраций. Могут появляться вибрации только низкой частоты        | 0,35                                           | —                                                            | 5—35        | L1                |
|                                                                                                    | 0,75                                           | —                                                            |             | L2                |
|                                                                                                    | —                                              | —                                                            |             | LX                |
|                                                                                                    | (0,1)*                                         | —                                                            | (5—25)*     | (L3)*             |
| Места, подверженные вибрации от работающих механизмов. Типовое размещение на промышленных объектах | 0,15                                           | —                                                            | 10—55       | N1                |
|                                                                                                    | 0,35                                           | —                                                            |             | N2                |
|                                                                                                    | —                                              | —                                                            |             | NX                |
|                                                                                                    | (0,075)*                                       | (9,8)*                                                       | (5—80)*     | (N3)*             |
|                                                                                                    | (0,15)*                                        | (19,6)*                                                      |             | (N4)*             |
| Места на промышленных объектах при условии, что существует вибрация с частотой, превышающей 55 Гц  | 0,075                                          | 9,8                                                          | 10—150      | V1                |
|                                                                                                    | 0,15                                           | 19,6                                                         |             | V2                |
|                                                                                                    | 0,35                                           | 49,0                                                         |             | V3                |
|                                                                                                    | —                                              | —                                                            |             | VX                |
|                                                                                                    | (0,15)*                                        | (19,6)*                                                      | (5—120)*    | (V4)*             |
|                                                                                                    | (0,20)*                                        | (29,4)*                                                      |             | (V5)*             |
| Места, расположенные вблизи помещений, в которых установлены работающие авиационные двигатели      | 0,075                                          | 9,8                                                          | 10—500      | F1                |
|                                                                                                    | 0,15                                           | 19,6                                                         |             | F2                |
|                                                                                                    | 0,35                                           | 49,0                                                         |             | F3                |
|                                                                                                    | —                                              | —                                                            |             | FX                |
| Места, расположенные вблизи помещений, в которых установлены работающие авиационные двигатели      | 0,35                                           | 49,0                                                         | 10—2000     | G1                |
|                                                                                                    | 0,75                                           | 98,0                                                         |             | G2                |
|                                                                                                    | —                                              | —                                                            |             | GX                |
|                                                                                                    | 3,5*                                           | 490,0*                                                       | 5000*       | G3*               |

\* По требованию проектировщика.

Таблица 18.Т6 соответствует таблице 3 ГОСТ 12997-84.

**Установленные значения и возможность выдвигания  
дополнительных требований к климатическим факторам по ГОСТ 15150-69**

Таблица 18.Т7

| Климатический фактор                         | Пункты требований в ГОСТ 15150-69                            |                                         | Установленные требованиями ГОСТ 15150-69 числовые значения по категориям и видам исполнения изделий климатических факторов или возможность дополнительных требований по видам исполнения изделий |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                              | Установленные                                                | Дополнительные                          | Категория изделий                                                                                                                                                                                | Т   | ТУ | ХЛ  | УХЛ | ТВ | Т  | ТС | О   | М   | ТМ  | ОМ  | В   |
| Изменение диапазона температур, °С           | Значения по п. 3.2 приведены в табл. 18.Т3                   | п. 5.3 по техническим данным на изделие |                                                                                                                                                                                                  |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
| Скорость изменения температуры, °С           | п. 3.5                                                       | п. 5.3                                  |                                                                                                                                                                                                  | 40  | 30 | 40  | 40  | 10 | 40 | 40 | 40  | 30  | 10  | 30  | 40  |
| Изменение диапазона влажности, %             | Значения по п. 3.2 приведены в табл. 18.Т4                   | п. 4.1                                  |                                                                                                                                                                                                  |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
| Изменение диапазона давления, кПа            | Значения по п. 3.2 приведены в табл. 18.Т6                   | п. 4.1                                  |                                                                                                                                                                                                  |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
| Солнечное излучение, Вт/м <sup>2</sup>       | п. 3.8 (примечание 1)                                        | п. 4.2                                  | 1, 1.1                                                                                                                                                                                           |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
| Интенсивность дождя, мм/мин                  | п. 3.9                                                       | п. 4.2                                  |                                                                                                                                                                                                  | 3   | 3  | 3   | 3   | 5  | 5  | 3  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Интенсивность падения капель (техн.), мм/мин | п. 3.10 при угле падения 90–45° к горизонту                  | п. 4.3                                  | 5                                                                                                                                                                                                |     |    |     |     |    |    |    |     | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Скорость ветра, м/с                          | п. 3.12 (тах скорость – 50)                                  | п. 4.3                                  |                                                                                                                                                                                                  |     |    |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |
| Пыль – размер частиц, мкм                    | п. 3.13 (динамическое воздействие – 200; проницаемость – 50) | п. 4.4, 4.5                             | 1, 1.1                                                                                                                                                                                           |     |    |     |     |    |    |    | +   | +   |     |     | +   |
| Снежная пыль                                 |                                                              | п. 4.7, 4.8                             | 1, (1.1)                                                                                                                                                                                         | (+) |    | +   | +   |    |    |    | (+) |     |     |     | (+) |
| Иней                                         | 2 (под навесом)                                              | п. 4.13 (примечание 2)                  | 1, 2 (под навесом)                                                                                                                                                                               |     |    | (+) | (+) |    |    |    | +   | +   |     | +   |     |

| Климатический фактор                   | Пункты требований по ГОСТ 15150-69          |                | Установленные требованиями ГОСТ 15150-69 числовые значения по категориям и видам исполнения изделия климатических факторов или возможность дополнительных требований по видам исполнения изделий |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
|                                        | Установленные                               | Дополнительные | Категория изделий                                                                                                                                                                                | Т   | ТУ  | ХЛ  | УХЛ | ТВ  | Т   | ТС  | О   | М  | ТМ | ОМ | В   |
| Гололед                                |                                             | п. 4.13а       | 1, 2 (под навесом)                                                                                                                                                                               | +   | +   | (+) | +   |     |     |     | +   | +  |    | +  | +   |
| Атмосферное электричество              |                                             | п. 4.15        |                                                                                                                                                                                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |
| Дополнительные параметры               |                                             | п. 4.15        |                                                                                                                                                                                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |
| Плесневые грибы                        |                                             | п. 4.9         | Без п. 4.1                                                                                                                                                                                       |     |     |     |     | +   | +   |     | +   |    | +  | +  | +   |
| Соляной туман                          |                                             | п. 4.10        | 1, 2 (под навесом)                                                                                                                                                                               | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | +  | +  | +  | (+) |
| Концентрация озона, мкг/м <sup>3</sup> | п. 3.11 (max – 20)                          | п. 4.6         | 1, 2                                                                                                                                                                                             | 20  | 20  | 40  | 40  | 40  | 40  | 20  | 40  | 40 | 40 | 40 | 40  |
| Коррозионно-активный агент             | Значения по п. 3.14 приведены в табл. 18.Т4 |                |                                                                                                                                                                                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |

**Примечания:**

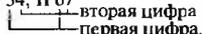
- Интегральная поверхностная плотность потока энергии солнечного излучения (верхнее рабочее значение) для высот до 15 км включительно составляет 1125 Вт/м<sup>2</sup> (0,027 кал/см<sup>2</sup>·с), в том числе плотность потока ультрафиолетовой части спектра (длина волн 280–400 нм) – 68 Вт/м<sup>2</sup> (0,0016 кал/см<sup>2</sup>·с). Интегральная поверхностная плотность потока энергии солнечного излучения (верхнее рабочее значение) для высот свыше 15 км составляет 1380 Вт/м<sup>2</sup> (0,033 кал/см<sup>2</sup>·с), в том числе плотность потока ультрафиолетовой части спектра (длина волн 200–400 нм) – 140 Вт/м<sup>2</sup> (0,0033 кал/см<sup>2</sup>·с).
- Требования по работоспособности при выпадении на изделие инея предъявляют к изделиям исполнений УХЛ (ХЛ), М, ОМ, О, В категории 1, а также предназначенным для эксплуатации под навесом изделиям категории 2. Для изделий электротехники, радиотехники и приборостроения эти требования состоят в том, что изделия должны допускать приложение номинального напряжения без пробоя или поверхностного перекрытия при выпадении на изделия инея с последующим его оттаиванием.  
К изделиям внутреннего монтажа указанных выше изделий, а также к изделиям категории 3.1 (например, в отапливаемых кузовах, прицепах) эти требования предъявляют, если это указано в технических заданиях.
- Знак + – дополнительное требование допустимо.  
Знак (+) – дополнительное требование допустимо, если его возможность определена техническим заданием на изделие.

**Код IP. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и воды**

| Первая цифра | Твердые тела                                |                                                                                                                                                                  |                                                                                           | Тест | Вторая цифра                               | Жидкость                                                                                                                                                                           |                                                                                       |      | Тест |
|--------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
|              | Краткое описание                            | Определение                                                                                                                                                      | Тест                                                                                      |      |                                            | Краткое описание                                                                                                                                                                   | Определение                                                                           | Тест |      |
| 0            | Защита отсутствует                          | Специальная защита отсутствует                                                                                                                                   |                                                                                           | 0    | Защита отсутствует                         | Специальная защита отсутствует                                                                                                                                                     |                                                                                       |      |      |
| 1            | Защита от твердых тел размером более 50 мм  | Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и от проникновения твердых тел размером свыше 50 мм      | -50 mm   | 1    | Защита от капель воды                      | Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие                                                                                  |    |      |      |
| 2            | Защита от твердых тел размером более 12 мм  | Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм                          | -12 mm   | 2    | Защита от капель воды при наклоне до 15°   | Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения |    |      |      |
| 3            | Защита от твердых тел размером более 2,5 мм | Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т. д. диаметром или толщиной более 2,5 мм и от проникновения твердых тел размером более 2,5 мм | -2,5 mm  | 3    | Защита от дождя                            | Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие                                                                        |    |      |      |
| 4            | Защита от твердых тел размером более 1,0 мм | Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и от проникновения твердых тел размером более 1,0 мм                                                           | -1 mm    | 4    | Защита от брызг                            | Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие                                                                         |    |      |      |
| 5            | Защита от пыли                              | Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью. Однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия             |          | 5    | Защита от водяных струй                    | Струя воды, выбрасываемая в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие                                                                                 |    |      |      |
| 6            | Пыленепроницаемость                         | Проникновение пыли предотвращено полностью                                                                                                                       |          | 6    | Защита от волн воды                        | Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия                                                                             |    |      |      |
|              |                                             |                                                                                                                                                                  |                                                                                           | 7    | Защита при погружении в воду               | Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия                            |    |      |      |
|              |                                             |                                                                                                                                                                  |                                                                                           | 8    | Защита при длительном погружении в воду    | Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем                                                                                       |   |      |      |
|              |                                             |                                                                                                                                                                  |                                                                                           | 9К   | Защита от высоконапорной пароводяной струи | Струя водяного пара (воды) при t = 80 °C (95 °C), p = 100 бар под любым направлением на изделие не должна оказывать вредного воздействия                                           |  |      |      |

**Примечания:**

- Оболочка изделий степени защиты, соответствующей первым цифрам 1—4, не допускает проникновение твердых тел правильной и неправильной формы размером, указанным в графе «Краткое описание», если размеры тела в трех взаимно перпендикулярных направлениях превышают указанные размеры.
- Текст, приведенный в графе «Краткое описание», не должен быть применен для определения степени защиты.
- Возможность применения степеней защиты 3 и 4 по первой цифре обозначения для изделий с отверстиями для слива конденсата и (или) вентиляционными отверстиями устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия конкретных серий и типов.

Например: IP54, IP67  

 вторая цифра  
 первая цифра.

- Для некоторых типов изделий допускается проникновение воды внутрь оболочки, но без нанесения вреда изделию.

Вторая цифра 9К не предусмотрена ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89).  
 Объяснение появления обозначения 9К приведено в разделе 18.4 пособия.

## Степени защиты NEMA

| Внешние воздействия или параметры оборудования                                                     | Взрывобезопасная область |   |   |    |    |     |                        |   |    |    |   |    |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---|----|----|-----|------------------------|---|----|----|---|----|---|----|
|                                                                                                    | Внутри помещения         |   |   |    |    |     | Внутри и вне помещения |   |    |    |   |    |   |    |
|                                                                                                    | 1                        | 2 | 5 | 11 | 12 | 12K | 13                     | 3 | 3R | 3S | 4 | 4X | 6 | 6P |
| Случайный (непреднамеренный) контакт персонала с защищаемым оборудованием                          | +                        | + | + | +  | +  | +   | +                      | + | +  | +  | + | +  | + | +  |
| Атмосферная осаждающаяся пыль                                                                      | +                        | + | + | +  | +  | +   | +                      | + | +  | +  | + | +  | + | +  |
| Капли и слабые брызги жидкости                                                                     |                          | + | + | +  | +  | +   |                        |   |    |    |   |    |   |    |
| Дождь, дождь со снегом, снег                                                                       |                          |   |   |    |    |     |                        |   | +  |    |   |    |   |    |
| Дождь, дождь со снегом, снег и клубы пыли (разносимые ветром)                                      |                          |   |   |    |    |     |                        | + |    | +  | + | +  |   |    |
| Струя воды, струя воды под давлением (из брандспойта)                                              |                          |   |   |    |    |     |                        |   |    |    | + | +  |   |    |
| Направленные струи под давлением (из брандспойта)                                                  |                          |   |   |    |    |     |                        |   |    |    |   |    | + | +  |
| Циркулирующая пыль, волокна, нити, летучие мелкие частицы (возможно, насекомые)                    |                          |   | + |    | +  | +   | +                      |   |    |    |   |    |   |    |
| Обеспечение работоспособности (неповреждаемости) защищаемого оборудования при обледенении оболочки |                          |   |   |    |    |     |                        | + | +  |    | + | +  | + | +  |
| Очистка внешних подвижных частей и их действие (работоспособность) при обледенении оболочки        |                          |   |   |    |    |     |                        |   |    | +  |   |    |   |    |
| Случайное недлительное (временное) погружение в воду на ограниченную (незначительную) глубину      |                          |   |   |    |    |     |                        |   |    |    |   |    | + |    |
| Непреднамеренное длительное погружение в воду на ограниченную глубину                              |                          |   |   |    |    |     |                        |   |    |    |   |    |   | +  |
| Проливы, брызги и протечи воды, нефтепродуктов и некоррозионных жидкостей                          |                          |   |   |    |    |     | +                      |   |    |    |   |    |   |    |
| Коррозия                                                                                           |                          |   |   | +  |    |     |                        |   |    |    |   | +  |   |    |

## Ориентировочное сравнение степеней защиты оболочек по МЭК 529 (ГОСТ 14254-96) и NEMA 250-1997

| Степень защиты по NEMA 250 |              | Степень защиты по МЭК 529 и ГОСТ 14254-96 (IP) |    |      |    |    |    |    | Примечание             |
|----------------------------|--------------|------------------------------------------------|----|------|----|----|----|----|------------------------|
| Место применения оболочки  | Тип оболочки | 20                                             | 22 | (44) | 54 | 65 | 67 | 68 |                        |
| Внутри помещений           | 1            | +                                              |    |      |    |    |    |    |                        |
|                            | 2            |                                                | +  |      |    |    |    |    |                        |
|                            | 5            |                                                |    |      |    | +  |    |    |                        |
|                            | 11           |                                                |    |      |    |    |    |    | Коррозионестойкий      |
|                            | 12           |                                                |    |      | +  |    |    |    |                        |
|                            | 12K          |                                                |    |      | +  |    |    |    |                        |
|                            | 13           |                                                |    |      |    |    | +  |    | Проливы нефтепродуктов |
| Внутри и вне помещений     | 3            |                                                |    |      | +  |    |    |    |                        |
|                            | 3R           |                                                |    | +    |    |    |    |    |                        |
|                            | 3S           |                                                |    |      | +  |    |    |    |                        |
|                            | 4            |                                                |    |      |    | +  |    |    |                        |
|                            | 4X           |                                                |    |      |    |    |    |    | Коррозионестойкий      |
|                            | 6            |                                                |    |      |    |    | +  |    |                        |
|                            | 6P           |                                                |    |      |    |    |    | +  |                        |

**Примечание.**

Типы оболочек по NEMA 250, применяемые внутри и вне помещений, обеспечивают работоспособность защищаемого оболочкой оборудования при обледенении оболочки.

Таблица 18.Т9

## Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности по разделу 4 НПБ 105-03

| Здание категории | Пояснения категорий А, Б, В, Г – % от суммарной площади всех зданий;<br>общая площадь категорированных помещений в здании |   |   |   |   |                             |                                       |                             |                                        |                         |                                        |                           |                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|
|                  | А                                                                                                                         | Б | В | Г | Д | Площадь А                   |                                       | Суммарная площадь А+Б       |                                        | Суммарная площадь А+Б+В |                                        | Суммарная площадь А+Б+В+Г |                                                   |
| А                | +                                                                                                                         | Х | Х | Х | Х | >5 %<br>>200 м <sup>2</sup> | <5 %<br><1000 м <sup>2</sup><br>+АУТП | Х                           | Х                                      | Х                       | Х                                      | Х                         | Х                                                 |
| Б                | -                                                                                                                         | + | Х | Х | Х | Х                           | Х                                     | >5 %<br>>200 м <sup>2</sup> | <25 %<br><1000 м <sup>2</sup><br>+АУТП | Х                       | Х                                      | Х                         | Х                                                 |
| В                | -                                                                                                                         | - | + | Х | Х | Х                           | Х                                     | Х                           | Х                                      | >5 %<br>>10%В           | <25 %<br><3500 м <sup>2</sup><br>+АУТП | Х                         | Х                                                 |
| Г                | -                                                                                                                         | - | - | + | Х | Х                           | Х                                     | Х                           | Х                                      | Х                       | Х                                      | >5 %                      | <25 %<br><5000 м <sup>2</sup><br>+АУТП<br>(А+Б+В) |
| Д                | -                                                                                                                         | - | - | - | + | Х                           | Х                                     | Х                           | Х                                      | Х                       | Х                                      | Х                         | Х                                                 |

**Примечания:**

Пояснение для пользователя таблицей на примере здания категории В (п. 30 НПБ):

1. Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия:

– здание не относится к категории А и Б (А-; Б-);

– суммарная площадь помещений А, Б и В превышает 5 % (10 %, если в здании имеются помещения только категории В) суммарной площади всех помещений [(А+Б+В) > 5 % S<sub>общ.</sub> или В > 10 % S<sub>общ.</sub> при А=0; Б=0].

2. Допускается при оборудовании помещений категорий А, Б и В установками автоматического пожаротушения не относить здание к категории В, при их суммарной площади менее 25 % от площади здания (но не более 3500 м<sup>2</sup>).

Таблица 18.Т10

**Обеспечение видами взрывозащиты средств автоматизации  
уровней 0, 1, 2 взрывозащиты**

| Уровень взрывозащиты средств автоматизации | Вид взрывозащиты средств автоматизации |                |                  |         |             |   |             |   |   |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------|------------------|---------|-------------|---|-------------|---|---|
|                                            | d                                      | i              | p                | o       | q           | m | e           | n | s |
| 2                                          | d                                      | ic<br>iv<br>ia | 1*<br>p          | 2*<br>o | q           | m | e           | n | s |
| 1                                          | d                                      | iv<br>ia       | 1*<br>p 3*<br>4* | —       | —           | — | e + d       | — | s |
| 0                                          | 1* 3*<br>5*                            | ia             | 1* 3*<br>5*      | —       | 1* 3*<br>5* | — | 1* 3*<br>5* | — | s |

Таблица 18.Т14 соответствует п. 6.6 ГОСТ Р 51330.0-99.

**Примечания:**

1\*. Сигнализация о снижении давления.

Окончание табл. 18.Т10

2\*. Масляное заполнение для электрооборудования группы II, негорючая жидкость для электрооборудования группы I.

3\*. Автоматическое отключение питания при снижении давления кроме ИБЦ уровня «а».

4\*. То же, что 3\* для электрооборудования группы II с защитой вида «е».

5\*. Применимо электрооборудование уровня взрывозащиты I с дополнительными средствами взрывозащиты (например, заключением электрооборудования группы II с защитой вида «е» в оболочку, предусмотренную для защиты «р» с устройством сигнализации о снижении давления ниже допустимого значения).

Таблица 18.Т11

**Основные характерные особенности измеряемой, контролируемой, регулируемой среды, используемой в технологическом объекте управления**

| Наименование<br>характеристики среды | Вещество, среда |     |     |                  |         |
|--------------------------------------|-----------------|-----|-----|------------------|---------|
|                                      | Жидкость        | Газ | Пар | Твердое вещество |         |
|                                      |                 |     |     | Монолит          | Сыпучее |
| Вязкая                               | +               | -   | -   | +                | (+)     |
| Неоднородная, многокомпонентная      | +               | +   | -   | +                | +       |
| С механическими включениями          | +               | +   | -   | -                | -       |
| Выпадающая в осадок                  | +               | +   | -   | -                | -       |
| Смазывающая/липучая                  | +               | +   | -   | -                | +       |
| Эмальгирующая                        | +               | -   | -   | -                | -       |
| Пенящаяся (толщина пены выше... мм)  | +               | -   | -   | -                | -       |
| Перемешиваемая                       | +               | +   | +   | -                | +       |
| Не кипящая                           | +               | -   | -   | -                | -       |
| Парящая при t... °С                  | +               | -   | -   | -                | -       |
| Испаряемая                           | +               | -   | -   | -                | -       |
| Сжимаемая (расширяемая/упругая)      | +               | +   | +   | +                | +       |
| Влажная                              | -               | +   | +   | +                | +       |
| Пахучая                              | +               | +   | -   | +                | +       |
| Истираемая                           | -               | -   | -   | +                | +       |
| Высокотемпературная                  | +               | +   | +   | -                | -       |
| Криогенная                           | +               | +   | -   | -                | -       |
| Агрессивная                          | +               | +   | -   | -                | +       |
| Высокоагрессивная                    | +               | +   | -   | -                | (+)     |
| Электропроводная                     | +               | +   | -   | +                | +       |
| Не электропроводная                  | +               | +   | -   | +                | +       |
| Воспламеняемая                       | +               | +   | -   | +                | +       |
| Пожароопасная                        | +               | +   | -   | +                | +       |
| Взрывоопасная                        | +               | +   | -   | +                | +       |

Таблица 18.Т12

**Основные измеряемые, контролируемые, регулируемые физические величины  
или параметры в АСУТП**

| Параметрическая группа физической величины |                                               | Вещество, среда |     |     |                  |         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|-----|-----|------------------|---------|
| Буквенное обозначение ГОСТ 21.404-85       | Наименование                                  | Жидкость        | Газ | Пар | Твердое вещество |         |
|                                            |                                               |                 |     |     | Монолит          | Сыпучее |
| T                                          | Температура                                   | +               | +   | +   | +                | +       |
| P (PD)                                     | Давление, разрежение (разность давлений)      | +               | +   | +   | -                | +       |
| F                                          | Расход объемный                               | +               | +   | +   | -                | -       |
| FQ                                         | Расход массовый                               | +               | -   | -   | -                | +       |
| L                                          | Уровень                                       | +               | -   | -   | -                | +       |
| D                                          | Плотность                                     | +               | +   | -   | -                | -       |
| G                                          | Размер                                        | -               | -   | -   | +                | -       |
| M                                          | Влажность                                     | -               | +   | +   | -                | +       |
| S                                          | Скорость вращения (частота)                   | -               | -   | -   | +                | -       |
| V                                          | Вязкость                                      | +               | -   | -   | (+)              | -       |
| W                                          | Масса                                         | +               | -   | -   | +                | +       |
| Q <sup>xxx</sup>                           | Качество                                      | xxx             | xxx | xxx | xxx              | xxx     |
| Q <sup>s</sup>                             | Электропроводность (электропроводимость)      | +               | -   | -   | +                | +       |
| Q <sup>pH</sup>                            | pH – потенциал                                | +               | -   | -   | -                | -       |
| Q <sup>Re</sup>                            | Re дох – потенциал                            | +               | -   | -   | -                | -       |
| Q <sup>cl</sup>                            | Содержание компонентов в смеси (например, cl) | -               | +   | -   | -                | -       |
| R                                          | Радиоактивность                               | +               | +   | +   | (+)              | +       |

Таблица 18.Т13

## Сравнительные характеристики ВВ различного типа

| Характеристика                                    | Тип ВВ                                                         |                                                               |                                                                                                 |                                                      |                                                          |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                   | Безотстойной ВВЕ                                               | Модульной ВВИ                                                 | Оптический ВВО                                                                                  | Ультразвуковой ВВУ                                   | Намагни-чувствительный ВВМ                               |
| Рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С | -25 – +70                                                      | -25 – +70<br>(-40 – +85)                                      | -25 – +70                                                                                       | -25 – +70                                            | -25 – +75                                                |
| Степень защиты (IP)                               | IP65                                                           | IP65<br>IP67<br>IP68/ IP69K                                   | IP65                                                                                            | IP67                                                 | IP67                                                     |
| Расстояние срабатывания S, мм                     | 5; 20; 50                                                      | 0–15<br>0–150                                                 | 20–4000<br>рефлектор-<br>ный<br>0–16 000<br>барьерный<br>5–200<br>диффузный                     | 12 000                                               | 60 (до 85)                                               |
| Частота циклов срабатывания (f)                   | 100 Гц                                                         | 10 Гц<br>1500 Гц                                              | 10/400/1000 Гц                                                                                  | 50 Гц                                                | 400 Гц<br>20 кГц                                         |
| Объект воздействия                                | Любой материал: твердый, жидкий, сыпучий; перемещение, наличие | Металлический; перемещение, наличие                           | Объект из непрозрачного материала; перемещение, наличие                                         | Любой материал                                       | Постоянный магнит                                        |
| Не чувствителен к внешним воздействиям            |                                                                | К неметаллу, жидкости, влажностным, световым излучениям и др. | К внешним электромагнитным помехам                                                              | К пыли, дыму, туману, свету, звуку                   | К стенкам из немагнитных материалов                      |
| Чувствителен к внешним воздействиям               | К влажности, осадкам, пыли, внешним электрическим полям        | К сильным электромагнитным полям в зоне чувствительности      | Внешняя освещенность >5000 люкс, к загрязнению, наличию аэрозоли в окружающей среде, дыму, пыли | К температуре, давлению, к форме объекта воздействия | К сильным электромагнитным полям в зоне чувствительности |

Плотность по воздуху некоторых газов и паров

| Наименование веществ      | Формула                                                         | Молекулярный вес | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Плотность по воздуху | Предел воспламенения |         |                  |         | ИДК, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|---------|------------------|---------|------------------------|-----------------|
|                           |                                                                 |                  |                              |                      | % об.                |         | г/м <sup>3</sup> |         |                        |                 |
|                           |                                                                 |                  |                              |                      | нижний               | верхний | нижний           | верхний |                        |                 |
| Акрилнитрил               | CH <sub>2</sub> =CHCN                                           | 53,06            | 806,0                        | 1,9                  | 3,0                  | 17      | 65               | 370     | 0,5                    | 2               |
| Аммиак                    | NH <sub>3</sub>                                                 | 17,03            | 681,4                        | 0,597                | 17                   | 28      | 118              | 195     | 20                     | 4               |
| Ацетон                    | CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>                               | 58,08            | 790,8                        | 2,0                  | 2,9                  | 13      | 69               | 309     | 200                    | 4               |
| Бензин автомобильный А-72 |                                                                 |                  | 730,0                        | 3,33                 | 1,08                 | 5,03    |                  |         | 100                    | 4               |
| Бензол                    | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                                   | 78,11            | 879,0                        | 2,77                 | 1,43                 | 7,1     | 45,6             | 227     | 5                      | 2               |
| Бутан                     | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | 53,12            | 2,672                        | 2,0665               | 1,8                  | 9,1     | 43               | 216     | 300                    | 4               |
| Бутиловый спирт           | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH              | 74,12            | 809,8                        | 2,6                  | 1,81                 | 12      | 55               | 364     | 10                     | 3               |
| Водород                   | H <sub>2</sub>                                                  | 2,016            | 0,0899                       | 0,0695               | 4,09                 | 75      | 3,3              | 62      |                        |                 |
| Гексан                    | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> | 86,16            | 659,35                       | 3,0                  | 1,24                 | 7,5     | 44               | 264     | 300                    | 4               |
| Гептан                    | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> | 100,21           | 683,74                       | 3,5                  | 1,07                 | 6,7     | 45,7             | 275     | 300                    | 4               |
| Керосин                   |                                                                 | 120,0            | 792,0                        | 4,15                 | 1,4                  | 7,5     | 69,2             | 370     | 300                    | 4               |
| Ксилол                    | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   | 106,16           | 855,0                        | 3,66                 | 1,0                  | 6,2     | 43               | 274     | 50                     | 3               |
| Метан                     | CH <sub>4</sub>                                                 | 16,04            | 0,7166                       | 0,5543               | 5,28                 | 15      | 34,5             | 98      |                        |                 |
| Метиламин                 | CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>                                 | 31,06            | 1324,5                       | 1,1                  | 4,9                  | 20,8    | 62               | 264     | 1                      | 2               |
| Метил хлористый           | CH <sub>3</sub> CL                                              | 50,48            | 952,0                        | 1,74                 | 7,6                  | 19,0    | 155              | 389     | 5                      | 2               |
| Пропан                    | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                 | 44,09            | 500,5                        | 1,5617               | 2,3                  | 9,5     | 41               | 166     | 1                      |                 |
| Пропилен                  | CH <sub>3</sub> CH=CH <sub>2</sub>                              | 42,08            | 1,8753                       | 1,4504               | 2,3                  | 10,3    | 39,5             | 177     |                        |                 |
| Сернистый ангидрид        | SO <sub>2</sub>                                                 | 64,07            | 2927                         | 2,26                 |                      |         |                  |         | 10                     | 3               |
| Серный ангидрид           | SO <sub>3</sub>                                                 | 80,0             | 1922                         | 2,77                 |                      |         |                  |         | 1                      | 2               |
| Сероводород               | H <sub>2</sub> S                                                | 34,08            | 1539                         | 1,191                | 4,0                  | 46,0    | 57               | 640     | 10                     | 2               |
| Сероуглерод               | CS <sub>2</sub>                                                 | 76,14            | 1263                         | 2,6                  | 1,33                 | 50      | 33               | 155     | 1                      | 2               |
| Скипидар                  | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                                 | 136,23           | 875,0                        | 4,7                  | 0,8                  |         | 45               |         | 300                    | 4               |

| Наименование вещества | Формула                                       | Молекулярный вес | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Плотность по воздуху | Предел воспламенения |         |                  |         | ПДК, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|-----------------------|-----------------------------------------------|------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|---------|------------------|---------|------------------------|-----------------|
|                       |                                               |                  |                              |                      | % об.                |         | г/м <sup>3</sup> |         |                        |                 |
|                       |                                               |                  |                              |                      | нижний               | верхний | нижний           | верхний |                        |                 |
| Толуол                | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> | 92,14            | 826,92                       | 3,2                  | 1,25                 | 6,7     | 547              | 252     | 50                     | 3               |
| Фенол                 | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH              | 94,11            | 1054,5                       | 2,98                 | 0,3                  | 2,4     | 12               | 93      | 0,3                    | 2               |
| Формальдегид          | HCHO                                          | 30,03            | 815,0                        | 1,1                  | 7,0                  | 73,0    | 86               | 896     | 0,5                    | 2               |
| Хлористый водород     | HCL                                           | 36,46            | 1,6390                       | 1,27                 |                      |         |                  |         | 3                      | 2               |

Таблица 18.14.Т1

## Сравнительные характеристики стандартных физических интерфейсов

| Характеристика                                  | Интерфейс физический               |                                       |                                                     |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                 | RS-232C                            | RS-422                                | RS-485                                              |
| Тип передающей линии                            | Несбалансированный:<br>TD, RD, SGD | Дифференциальный:<br>4 провода, земля | Дифференциальный, симметричный:<br>2 провода, земля |
| Число передатчиков/приемников в линии, максимум | 1/1                                | 1/10                                  | 32/32                                               |
| Максимальная длина линии (без повторителей), м  | 15,2<br>(900 при 1,2 кбод)         | 1220<br>при 90 кбод                   | 1220<br>при 9 кбод                                  |
| Максимальная скорость передачи данных           | 38, 4 кбод                         | 10 Мбод                               | 10 Мбод                                             |

Таблица 18.15.Т1

## Обозначения термоэлектрических преобразователей и их рабочие параметры

| Термопреобразователь                   |             | Обозначение НСХ  | Материалы сенсора  | Диапазон рабочих температур, °С | Нормативный документ |
|----------------------------------------|-------------|------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------|
| Наименование                           | Обозначение |                  |                    |                                 |                      |
| Хромель-алюмель                        | ТХА         | K                | NiCr/NiAl          | -200-1372                       | ГОСТ 6651-94         |
| Хромель-копель                         | ТХК         | L                | Fe/CuNi            | -200-900                        |                      |
| Платина-платина (платинородий-платина) | ТПП         | S                | Pt 10% Rh/Pt       | -50-1760                        |                      |
| Платина-платина (платинородий-платина) | ТПП         | R                | Pt 13% Rh/Pt       | -50-1760                        |                      |
| Платино-родий (платинородий-платина)   | ТПР         | B                | Pt 30% Rh/Pt 6% Rh | 0-1820                          |                      |
| Вольфрам-рений                         | ТВР         | C<br>(A-1,-2,-3) | W5%/Re             | 0-2300                          | ASTM 988             |
| Вольфрам-рений                         | ТВР         | D<br>(A-1,-2,-3) | W3%/Re             | 0-2300                          |                      |
| Хромель-константан                     |             | E                | NiCr/CuNi          | -200-1000                       | IEC 584              |
| Железо-константан                      | ТЖК         | J                | Fe/CuNi            | -210-1200                       |                      |
| Никросил-нисил                         | ТНН         | N                | NiCrSi/<br>NiSiMg  | -200-1300                       |                      |
| Медь-константан                        |             | T                | Cu/CuNi            | -200-400                        |                      |
| Медь-константан                        |             | U                | Cu/CuNi            | -200-600                        | DIN 43710            |

Таблица 18.15.Т2

## Пределы допустимых отклонений от НСХ и классы допуска для преобразователей термоэлектрических и сопротивления

| Тип преобразователя | НСХ  | Класс допуска | Расчет предела температурных отклонений, ±°С | Пределы температур, °С<br>ниж. верх. | Пределы температурных отклонений, ±°С |
|---------------------|------|---------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| ТПП                 | R, S | 1             | 1,0                                          | 0-1100                               | 1,0-1,0                               |
|                     |      |               | $1,0 + 0,003 ([t] - 1100)$                   | 1100-1300                            | 1,0-1,6                               |
|                     |      | 2             | 1,5                                          | 0-600                                | 1,5-1,5                               |
|                     |      |               | $0,0025 [t]$                                 | 600-1300                             | 1,5-3,25                              |
| ТПР                 | B    | 2             | $0,0025 [t]$                                 | 600-1600                             | 1,5-4,0                               |
|                     |      | 3             | 4,0                                          | 600-800                              | 4,0-4,0                               |
|                     |      |               | $0,005 [t]$                                  | 800-1600                             | 4,0-8,0                               |

Окончание табл. 18.15.Т2

| Тип преобразователя                                                | НСХ                                               | Класс допуска | Расчет предела температурных отклонений, $\pm^{\circ}\text{C}$ | Пределы температур, $^{\circ}\text{C}$<br>нижн. верх. | Пределы температурных отклонений, $\pm^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| ТХА<br>ТХАУ<br>(0 $^{\circ}\text{C}$ –1100 $^{\circ}\text{C}$ )    | К                                                 | 1             | 1,5                                                            | –40–375                                               | 1,5–1,5                                                 |
|                                                                    |                                                   |               | 0,004 [t]                                                      | 375–1100                                              | 1,5–4,4                                                 |
|                                                                    |                                                   | 2             | 2,5                                                            | –40–333                                               | 2,5–2,5                                                 |
|                                                                    |                                                   |               | 0,0075 [t]                                                     | 333–1200                                              | 2,5–9,0                                                 |
| ТХК, ТХКУ<br>(0 $^{\circ}\text{C}$ –600 $^{\circ}\text{C}$ )       | L                                                 | 2             | 2,5                                                            | –40–360                                               | 2,5–2,5                                                 |
|                                                                    |                                                   |               | 0,7 + 0,005 [t]                                                | 360–600                                               | 2,5–3,7                                                 |
| ТСП, ТСПУ, ТМ<br>(–50 $^{\circ}\text{C}$ –150 $^{\circ}\text{C}$ ) | 50 П, 100 П,<br>Pt 100, Pt 500,<br>Pt 1000        | A             | 0,15 + 0,002 [t]                                               | –50–500                                               | 0,25–0,15–1,15                                          |
|                                                                    |                                                   | B             | 0,3 + 0,005 [t]                                                | –200–500                                              | 1,3–0,3–2,5                                             |
|                                                                    |                                                   | C             | 0,6 + 0,08 [t]                                                 | –50–250                                               | 1,0–0,6–2,6                                             |
| ТСМ, ТСМУ,<br>(–50 $^{\circ}\text{C}$ –150 $^{\circ}\text{C}$ )    | 100 М, Cu 100<br><br>50 М, Cu 50<br>100 М, Cu 100 | A             | 0,15 + 0,002 [t]                                               | –50–350                                               | 0,25–0,15–0,85                                          |
|                                                                    |                                                   | B             | 0,25 + 0,0035 [t]                                              | –50–150                                               | 0,425–0,25–<br>0,775                                    |
|                                                                    |                                                   | C             | 0,5 + 0,0065 [t]                                               | –50–180                                               | 0,825–0,5–1,67                                          |

Примечания:

1. [t] – абсолютное значение измеряемой температуры.
2. Класс допуска и пределы допускаемых отклонений ТЭДС от НСХ преобразования, выраженных в температурном эквиваленте, для преобразователей термоэлектрических в рабочем диапазоне температур приведены по ГОСТ Р 8.585.

То же для преобразователей сопротивления приведено по ГОСТ 6651.

Таблица 18.15.Т3

## Стандартный ряд монтажных длин защитной арматуры

| Длина монтажной части L, мм |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10                          | 20 | 32 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 |

| Длина монтажной части L, мм |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 500                         | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 3550 | 4000 | 5000 | 5600 |

| Длина монтажной части L, мм |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 6300                        | 7100 | 8000 | 9000 | 10000 | 11200 | 12500 | 14000 | 16000 | 18000 | 20000 |  |

Примечания:

1. Монтажные длины L менее 120 мм и более 1600 мм требуют дополнительного согласования с изготовителем термопреобразователя.
2. Монтажные длины 10, 20, 32, 40 мм предназначены для измерения температуры подшипников, поверхности твердых тел и т. п.

Таблица 18.15.Т3.1

**Рекомендуемые материалы защитной арматуры термопреобразователей в зависимости от измеряемой среды**

| Материал защитной арматуры | Код материала по материалу | Максимальная температура, °С | Рекомендации по применению                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12X18H10T                  | H10                        | 600<br>800                   | Окислительные газовые среды, газовые потоки, разбавленные растворы азотной, уксусной кислот, щелочей и солей. Не рекомендуются серосодержащие среды, а также соляная, серная, плавиковая, горячая фосфорная и кипящие органические кислоты. При температуре до 800 °С использовать в неподвижных окислительных газовых средах, при температуре до 600 °С – в газовых потоках, при наличии механических нагрузок |
| XH45Ю сплав                | H45                        | 1100                         | Устойчива к газовым потокам, продуктам сгорания. Не устойчива к серосодержащим средам                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10X23H18                   | H18                        | 1000                         | Установки для конверсии метана, пиролиза. Не рекомендуется эксплуатация при температуре 600–800 °С (из-за склонности стали к отпускной хрупкости). Не устойчива к серосодержащим средам. Сталь – немагнитная                                                                                                                                                                                                    |
| 15X25T                     | X25                        | 1000                         | Газовые и жидкостные агрессивные среды, установки пиролиза, топочные газы. Устойчива к серосодержащим средам. Не рекомендуется воздействие ударных нагрузок, а также эксплуатация при температуре 400–700 °С (из-за склонности к отпускной хрупкости). Сталь магнитная                                                                                                                                          |
| XH78T сплав                | H78                        | 600<br>800<br>1000           | Нейтральные и агрессивные среды, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионным                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10X17H13M2T                | H13                        | 800                          | Продукты сгорания жидкого или газообразного топлива в пульсирующем потоке, движущемся со скоростью до 170 м/с с давлением до 3 МПа; скорость изменения температуры измеряемой среды до 150 °С/мин                                                                                                                                                                                                               |
| 12X1MФ                     | MФ                         | 585                          | Перегретый пар при скорости потока до 60 м/с и рабочем давлении до 25,5 МПа на объектах теплоэнергетики и газо- и паротурбинных установках                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Латунь Л63 или Л96         | Л                          | –40 – +400                   | Малогобаритные подшипники, поверхности твердых тел, корпусов и головок термопластавтоматов, червячных прессов для переработки пластмасс и резиновых смесей                                                                                                                                                                                                                                                      |

Продолжение таблицы 18.15.Т3.1

| Материал защитной арматуры   | Код исполнения по материалам | Максимальная температура, °С | Рекомендации по применению                                                                                                                                                                  |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Корунд КВПТ                  | Кв                           | 1300<br>1600                 | Нейтральные и окислительные газовые среды, не взаимодействующие с материалами термоэлектродов и не разрушающие материал защитной арматуры. Герметичны к измеряемой среде до $P_y = 0,4$ МПа |
| Корунд КТВП                  | Кт                           | 1300<br>1600                 | Нейтральные и окислительные газовые среды, не взаимодействующие с материалами термоэлектродов и не разрушающие материал защитной арматуры. Герметичны к измеряемой среде до $P_y = 0,4$ МПа |
| Керамикс                     | МКРЦ                         | 1300                         | Газообразные нейтральные и окислительные среды, не взаимодействующие с материалом термоэлектродов и не разрушающие материал защитной арматуры                                               |
| Самосвязанный карбид кремния | СКК                          | 1600                         | Газообразные нейтральные и окислительные среды, не взаимодействующие с материалом термоэлектродов и не разрушающие материал защитной арматуры                                               |
| Керамические «бусы»          | КВПТ                         | 1600                         | Газообразные нейтральные и окислительные среды, не взаимодействующие с материалом термоэлектродов и не разрушающие материал защитной арматуры                                               |
| 08X13                        |                              | -200-500                     | Малогобаритные подшипники и поверхности твердых тел в условиях повышенной вибрации производственных агрегатов                                                                               |
| 0820Н12С2                    | Н14                          | -40-800                      | Малогобаритные подшипники и поверхности твердых тел в условиях повышенной вибрации производственных агрегатов                                                                               |
| Молибден                     | СМ4                          | 0-1800                       | Твердая и газообразная среда                                                                                                                                                                |
| Окись бериллия               | ВеО                          | 0-1800                       | Твердая и газообразная среда                                                                                                                                                                |
| Чугун                        | СЧ                           | -40-1000<br>(1300)           | Расплав металлов и солей                                                                                                                                                                    |
| Inconel 600                  | КТНН                         | -40-1200                     | Технологические процессы в различных отраслях промышленности                                                                                                                                |
| Боросилицированный графит    | БСГ-30                       | 0-1000                       | Расплав цветных металлов (меди, алюминия) и их сплавов, расплав солей (хлоридов)                                                                                                            |
| Немоник                      |                              | 0-1300                       | Газообразная среда                                                                                                                                                                          |
| Кремнеземный чулок           | АСВ                          | 0-1000                       | Температура поверхности                                                                                                                                                                     |
| Медь                         | МЗ                           | 0-300                        | Головка прядильной машины и нагревательный утюг машины горячей вытяжки                                                                                                                      |
| Медь                         | М1                           | -40-600                      | Котел типа АОГВ-11, АОГВ-29 при сжигании природного или сжиженного газа                                                                                                                     |

Окончание таблицы 18.15.Т3.1

| Материал защитной арматуры | Код исполнения по материалам | Максимальная температура, °С | Рекомендации по применению                                                                                             |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сплав ХН50МВКТЮ8-ИД        |                              | 0–1000                       | Газовый поток большой скорости, продукты сгорания в автомобильных газотурбинных двигателях; скорость потока до 300 м/с |
| Фторопласт                 | 40Ш                          | 0–100                        | Электролит кислотных аккумуляторов (раствор серной кислоты) плотностью 1,05–1,35 г/см <sup>3</sup>                     |

Таблица 18.15.Т4

Удлинительные провода для преобразователей измерения температуры жидкости, газа, пара

| Длина кабельной выводной части L, мм |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| 1000                                 | 1600 | 2000 | 3000 | 5000 |

Примечание. Длины, кроме 1000 мм (для жидкости) и 5000 мм (для газа и пара), оговариваются при заказе.

Таблица 18.15.Т5

Удлинительные провода для преобразователей измерения температуры подшипников, поверхности твердых тел, корпусов и др.

| Длина удлинительных проводов L, мм |     |     |     |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 120                                | 250 | 500 | 800 | 1000 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |

Таблица 18.15.Т6

Примерная номенклатура материала защитной арматуры и головки

| Защитная арматура, гильза |                                                | Головка            |
|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| Температура, °С           | Материал                                       | Материал           |
| 120                       | Латунь Л 96<br>Латунь Л 63                     | АГ-4В              |
| 150                       | Стеклоткань пропитанная лаком 08×13            | Алюминий           |
| 200                       | 08×18Н10Т                                      | Алюминиевый сплав  |
| 350                       | 12×18Н10Т                                      | Цинковый сплав     |
| 500                       | 10×17Н13М2Т                                    | Пластик            |
| 1000                      | Боросилицированный графит БСГ-30               | Полиамидное стекло |
| 1200                      | ХН75Т                                          | АК12               |
| 1500                      | Корунд КТВП<br>Керамические бусы КВПТ<br>ХН45Ю |                    |

Номенклатура уточняется при заказе конкретного измерительного преобразователя.

Таблица 18.15.Т7

### Опросный лист для заказа преобразователя термоэлектрического/ термопреобразователя сопротивления (ненужное зачеркнуть)

**Заказчик**

(предприятие, фирма) \_\_\_\_\_

Адрес почтовый \_\_\_\_\_

Контактное лицо \_\_\_\_\_

Должность, ФИО \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

**Цель измерения** оперативное управление технологический анализ

Место установки \_\_\_\_\_

Позиция \_\_\_\_\_

Количество \_\_\_\_\_

**Измеряемая среда (наименование)** жидкость газ сухой пар перегретый поверхность  
твердого тела газ влажный пар насыщенный опасная среда (вещество)\* неопасная среда  
(вещество)

| Параметр              | Минимум      | Номинал      | Максимум | Единица измерения                            |
|-----------------------|--------------|--------------|----------|----------------------------------------------|
| Температура           |              |              |          | <input type="checkbox"/> °С                  |
| Давление              |              |              |          | <input type="checkbox"/> кПа                 |
|                       |              |              |          | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> |
| Скорость потока среды | <del>X</del> | <del>X</del> |          | <input type="checkbox"/> бар                 |
|                       |              |              |          | <input type="checkbox"/> атм                 |
|                       |              |              |          | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.          |
|                       |              |              |          | <input type="checkbox"/> другая _____        |
|                       |              |              |          | <input type="checkbox"/> м/с                 |

**Место****установки** трубопровод объемная конструкция твердая поверхность малогабаритный подшипник

Диаметр трубопровода, мм \_\_\_\_\_

(указать)

Участок трубопровода \_\_\_\_\_

 прямой колено

Стенка: материал \_\_\_\_\_

(указать)

Толщина, мм \_\_\_\_\_

(указать)

Изоляционный слой: материал \_\_\_\_\_

(указать)

Толщина, мм \_\_\_\_\_

(указать)

Тип соединения

 сварка ввертной фланец иной

(указать)

**Окружающая среда** условно-чистая промышленная морская приморско-промышленная

Газ

 В-I класс 0 В-Ia класс 1 В-Iб класс 2 В-Iг класс 2

Пыль

 класс 20 В-II класс 21 В-IIa класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_

Давление, кПа \_\_\_\_\_

Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

— взрывоопасные;

— поддерживающие горение;

— едкие и коррозионные;

— легковоспламеняемые;

— ядовитые, очень ядовитые;

— прочие опасные вещества.

Продолжение табл. 18.15.Т7

**Технические данные преобразователя**

Преобразователь термоэлектрический (термопара)

 обычный унифицированный выход интеллектуальныйТип  ТПП  ТПР  ТХА  ТХКНСХ по ГОСТ 6651-94  R  B  K  L SКласс допуска по ГОСТ Р 8.585-2001  1  1 2  2  2  2 3Показатель тепловой инерции, не более, с  5  10  20  30 50  80  90  иной (указать)Количество чувствительных элементов  один  дваРабочий спай  И – изолирован  И – неизолированВыводной сигнал (для унифицированного и интеллектуального)  4–20 мА  0–5 мА  иной (указать)**Конструктивные данные**(указать обилии рисунок)

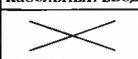
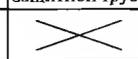
| Элемент преобразователя                | Головка или кабельный ввод | Защитная арматура | Погружная часть защитной трубы | Защитная гильза |
|----------------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|
| Рисунок <small>(указать)</small>       |                            |                   |                                |                 |
| Длина, мм <small>(указать)</small>     | Кабельный вывод            |                   |                                |                 |
| Материал <small>(указать)</small>      |                            |                   |                                |                 |
| Особые данные <small>(указать)</small> |                            |                   |                                |                 |

Герметизация от измеряемой среды  да  нетМонтажный комплект кабельного ввода  БК ввод бронированного кабеля  ТБ трубный вводЧасть АСУТП согласована: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия, подпись)Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Окончание табл. 18.15.Т7

|                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Технические данные преобразователя</b>                                 |                                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
| Термопреобразователь (термометр) сопротивления                            | <input type="checkbox"/> обычный                                                  | <input type="checkbox"/> унифицированный выход | <input type="checkbox"/> интеллектуальный                                         |                                                        |
| Тип                                                                       | <input type="checkbox"/> ТСП                                                      | <input type="checkbox"/> платиновый            | <input type="checkbox"/> TCM                                                      | <input type="checkbox"/> медный                        |
| НСХ по ГОСТ 6651-94                                                       | <input type="checkbox"/> 50П                                                      | <input type="checkbox"/> 100П                  | <input type="checkbox"/> 50М                                                      | <input type="checkbox"/> 100М                          |
|                                                                           | <input type="checkbox"/> Pt50                                                     | <input type="checkbox"/> Pt100                 | <input type="checkbox"/> Cu50                                                     | <input type="checkbox"/> Cu100                         |
| Класс допуска по ГОСТ 6616                                                | <input type="checkbox"/> А                                                        | <input type="checkbox"/> А                     |                                                                                   | <input type="checkbox"/> А                             |
|                                                                           | <input type="checkbox"/> В                                                        | <input type="checkbox"/> В                     | <input type="checkbox"/> В                                                        | <input type="checkbox"/> В                             |
|                                                                           | <input type="checkbox"/> С                                                        | <input type="checkbox"/> С                     | <input type="checkbox"/> С                                                        | <input type="checkbox"/> С                             |
| Показатель тепловой инерции, не более, с                                  | <input type="checkbox"/> 5                                                        | <input type="checkbox"/> 10                    | <input type="checkbox"/> 20                                                       | <input type="checkbox"/> 30                            |
|                                                                           | <input type="checkbox"/> 50                                                       | <input type="checkbox"/> 80                    | <input type="checkbox"/> 90                                                       | <input type="checkbox"/> иной <small>(указать)</small> |
| Количество чувствительных элементов                                       | <input type="checkbox"/> один                                                     | <input type="checkbox"/> два                   |                                                                                   |                                                        |
| Схема соединения, количество проводов вывода                              | <input type="checkbox"/> два (1×2)                                                | <input type="checkbox"/> три (1×3)             | <input type="checkbox"/> четыре (1×4)                                             |                                                        |
|                                                                           | <input type="checkbox"/> 2×2                                                      | <input type="checkbox"/> 2×3                   |                                                                                   |                                                        |
| Выводной сигнал (для унифицированного и интеллектуального)                | <input type="checkbox"/> 4–20 мА                                                  | <input type="checkbox"/> 0–5 мА                | <input type="checkbox"/> иной <small>(указать)</small>                            |                                                        |
| <b>Конструктивные данные</b> _____ <small>(указать общий рисунок)</small> |                                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
| Элемент преобразователя                                                   | Головка или кабельный ввод                                                        | Защитная арматура                              | Погружная часть защитной трубы                                                    | Защитная гильза                                        |
| Рисунок _____ <small>(указать)</small>                                    |  |                                                |  |                                                        |
| Длина, мм _____ <small>(указать)</small>                                  | Кабельный вывод                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
| Материал _____ <small>(указать)</small>                                   |                                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
| Особые данные _____ <small>(указать)</small>                              |                                                                                   |                                                |                                                                                   |                                                        |
| Герметизация от измеряемой среды                                          | <input type="checkbox"/> да                                                       | <input type="checkbox"/> нет                   |                                                                                   |                                                        |
| Монтажный комплект кабельного ввода                                       | <input type="checkbox"/> БК ввод бронированного кабеля                            | <input type="checkbox"/> ТБ трубный ввод       |                                                                                   |                                                        |

Часть АСУТП согласована: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия, подпись)

Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Таблица 18.15.Т8

## Опросный лист для заказа пирометра

## Заказчик

(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо  
Должность, ФИО

Телефон

Факс

E-mail

Характер измерения

 постоянный периодический

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемый объект (наименование)

 неподвижный движущийся негерметичный открытый меняющийся (плавящийся, окисляющийся) герметичный

| Параметр                            | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                   |                                              |                                       |
|-------------------------------------|---------|---------|----------|-------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура                         |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С         |                                              |                                       |
| Давление (для герметичного объекта) |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа        | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|                                     |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар        | <input type="checkbox"/> атм                 | <input type="checkbox"/> другая _____ |
| Размер (форма)                      |         |         |          |                                     |                                              |                                       |
| Материал                            |         |         |          |                                     |                                              |                                       |
| Поверхность объекта                 |         |         |          | <input type="checkbox"/> гладкая    | <input type="checkbox"/> шероховатая         |                                       |
|                                     |         |         |          | <input type="checkbox"/> зеркальная | <input type="checkbox"/> структурированная   |                                       |

Расстояние от входного окна пирометра до объекта, м

Газовая фаза

 газ пыль влажность

Состояние объема

Допустимая погрешность, %

Окружающая среда (для датчика)

 условно-чистая промышленная морская приморско-промышленная

Газ

 В-I класс 0 В-Ia класс 1 В-Iб класс 2 В-Iг класс 2

Пыль

 класс 20 В-II класс 21 В-IIa класс 22

Температура, °С

Давление, кПа

Относительная влажность, %/°С

Технологическая часть согласована:

(должность, фамилия, подпись)

Окончание табл. 18.15.Т8

|                                                               |                                            |                                                     |                                                        |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Конструктивные особенности преобразователя</b>             |                                            | <input type="checkbox"/> компактный                 | <input type="checkbox"/> раздельный                    |
| Измерительный преобразователь                                 |                                            |                                                     |                                                        |
| Установка                                                     | <input type="checkbox"/> на стену<br>IP 67 | <input type="checkbox"/> на лицевую<br>панель IP 65 | <input type="checkbox"/> на внутреннюю<br>панель IP 20 |
| Расстояние между сенсором и измерительным преобразователем, м |                                            |                                                     |                                                        |
| <b>Электрические данные преобразователя</b>                   |                                            | <input type="checkbox"/> =15-36                     | <input type="checkbox"/> =50                           |
| Электропитание, В                                             |                                            | <input type="checkbox"/> ~220                       |                                                        |
| Выходной сигнал                                               | <input type="checkbox"/> 4-20 мА           | <input type="checkbox"/> HART                       | <input type="checkbox"/> PROFIBUS<br>DP                |
|                                                               |                                            |                                                     | <input type="checkbox"/> другой _____                  |
| Индикатор                                                     | <input type="checkbox"/> да                | <input type="checkbox"/> нет                        |                                                        |
| Необходимость пусконаладочных работ                           | <input type="checkbox"/> да                | <input type="checkbox"/> нет                        |                                                        |

Часть АСУТП согласована: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия, подпись)

Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Таблица 18.16.Т1

### Соотношение некоторых единиц измерения разных систем

#### Давление

| кПа                 | кПа                          | МПа                        | кгс/см <sup>2</sup>     | бар                     | мм рт. ст.              | мм рт. ст.             | мм рт. ст.              |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1                   | 1 · 10 <sup>-3</sup> (0,001) | 1 · 10 <sup>-6</sup>       | 1,02 · 10 <sup>-5</sup> | 1 · 10 <sup>-5</sup>    | 1,02 · 10 <sup>-4</sup> | 7,5 · 10 <sup>-3</sup> | 1,45 · 10 <sup>-4</sup> |
| 1 · 10 <sup>3</sup> | 1                            | 1 · 10 <sup>-3</sup>       | 1,02 · 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-2</sup>        | 0,102 · 1               | 7,5                    | 0,145                   |
| 1 · 10 <sup>6</sup> | 1 · 10 <sup>3</sup>          | 1                          | 0,098                   | 0,1                     | 102,1                   | 7,5 · 10 <sup>3</sup>  | 145                     |
| 98066,5             | 98,1                         | 0,00981                    | 1                       | 0,981                   | 10,18                   | 735,56                 | 14,223                  |
| 1 · 10 <sup>5</sup> | 1 · 10 <sup>2</sup> (100)    | 1 · 10 <sup>-1</sup> (0,1) | 1,02                    | 1                       | 10,18                   | 750,1                  | 14,504                  |
| 9807                | 9,807                        | 9,807 · 10 <sup>-3</sup>   | 0,1                     | 0,098                   | 1                       | 73,55                  | 1,42                    |
| 133,322             | 0,133                        | 1,33 · 10 <sup>-4</sup>    | 0,0014                  | 1,33 · 10 <sup>-3</sup> | 0,0136                  | 1                      | 0,0193                  |
| 6894,8              | 6,8948                       | 0,895 · 10 <sup>-3</sup>   | 0,0703                  | 0,0689                  | 0,7043                  | 51,715                 | 1                       |

#### Расход

| м <sup>3</sup> /ч        | м <sup>3</sup> /мин      | м <sup>3</sup> /с        | л/ч                   | л/мин   | л/с                     |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|
| 1                        | 0,01667                  | 2,778 · 10 <sup>-4</sup> | 1000                  | 16,667  | 0,278                   |
| 60                       | 1                        | 0,01667                  | 60000                 | 1000    | 16,667                  |
| 3600                     | 60                       | 1                        | 3,6 · 10 <sup>6</sup> | 60000   | 1000                    |
| 2,778 · 10 <sup>-7</sup> | 1,667 · 10 <sup>-5</sup> | 1 · 10 <sup>-3</sup>     | 1                     | 0,01667 | 2,78 · 10 <sup>-4</sup> |
| 0,06                     | 1 · 10 <sup>-3</sup>     | 1,667 · 10 <sup>-5</sup> | 60                    | 1       | 0,01667                 |
| 3,6                      | 0,06                     | 1 · 10 <sup>-3</sup>     | 360                   | 60      | 1                       |

#### Скорость

| м/с   | км/ч |
|-------|------|
| 1     | 3,6  |
| 0,278 | 1    |

#### Динамическая вязкость

| Пас   | сП   | кгс·с/м <sup>2</sup>    |
|-------|------|-------------------------|
| 1     | 1000 | 0,102                   |
| 0,001 | 1    | 1,02 · 10 <sup>-4</sup> |
| 9,807 | 9807 | 1                       |

#### Кинематическая вязкость

| м <sup>2</sup> /с    | Ст                   | сСт                 |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1                    | 1 · 10 <sup>4</sup>  | 1 · 10 <sup>6</sup> |
| 1 · 10 <sup>-4</sup> | 1                    | 1 · 10 <sup>2</sup> |
| 1 · 10 <sup>-6</sup> | 1 · 10 <sup>-2</sup> | 1                   |

Таблица 18.16.Т2

## Опросный лист для заказа датчика давления

Заказчик  
(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо  
Должность, ФИОТелефон \_\_\_\_\_  
E-mail \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

Цель измерения

- избыточное давление     разрежение     давление разрежение
- абсолютное давление     гидростатическое давление     разность давлений

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование)

- жидкость     газ сухой     пар перегретый
- газ влажный     пар насыщенный
- опасная среда (вещество)\*     неопасная среда (вещество)

| Параметр              | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                                                                                                           |
|-----------------------|---------|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Температура           |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С                                                                                                 |
| Давление              |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> мм рт. ст.               |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар <input type="checkbox"/> атм <input type="checkbox"/> другая _____                             |
| Расход                |         |         |          | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> л/с <input type="checkbox"/> л/ч                                                                   |
| Плотность             |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>                                      |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л <input type="checkbox"/> другая _____                                                        |
| Вязкость динамическая |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с <input type="checkbox"/> другая _____                                                         |

Абразивные включения

- да     нет

Газовая фаза в жидкости

- да % \_\_\_\_\_     нет

Допустимое падение давления на устройстве

- кПа     кг/см<sup>2</sup>     атм

Допустимая погрешность, %

Окружающая среда

- условно-чистая     промышленная     морская     приморско-промышленная

Газ

- В-I класс 0     В-Ia класс 1     В-Iб класс 2     В-Iг класс 2

Пыль

- класс 20     В-II класс 21     В-IIa класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_

Давление, кПа \_\_\_\_\_

Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

— взрывоопасные;

— поддерживающие горение;

— едкие и коррозионные;

— легковоспламеняемые;

— ядовитые, очень ядовитые;

— прочие опасные вещества.

Окончание табл. 18.16.Т2

|                                      |                                           |                                                     |                                                    |                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Монтажные изделия                    | <input type="checkbox"/> на отборе        | <input type="checkbox"/> на кронштейне              | <input type="checkbox"/> на фланце с мембраной     | <input type="checkbox"/> на фланце без мембраны |
| Способ монтажа                       |                                           |                                                     |                                                    |                                                 |
| Фланец монтажный                     |                                           | <input type="checkbox"/> резьбовое отверстие К 1/2  | <input type="checkbox"/> резьбовое отверстие К 1/4 | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Ниппель с гайкой накладной           |                                           | <input type="checkbox"/> М12×1,5                    | <input type="checkbox"/> М16×1,5                   | <input type="checkbox"/> М20×1,5                |
| Штуцер                               |                                           | <input type="checkbox"/> для эластичной трубки 6 мм |                                                    | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Вентильная система                   |                                           | <input type="checkbox"/> подключение снизу          | <input type="checkbox"/> подключение сверху        | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Вентильная система – материал        |                                           | <input type="checkbox"/> сталь углеродистая         | <input type="checkbox"/> сталь нержавеющая         | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Скоба и кронштейн для крепления      |                                           | <input type="checkbox"/> да                         | <input type="checkbox"/> нет                       |                                                 |
| Мембрана выносная                    |                                           | <input type="checkbox"/> одна                       | <input type="checkbox"/> две                       |                                                 |
| Монтаж мембраны                      | <input type="checkbox"/> фланцевый        | <input type="checkbox"/> ввертной                   | <input type="checkbox"/> навертной                 | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Длина капилляра до мембраны, м       |                                           |                                                     |                                                    |                                                 |
| Жидкость заполнения капилляра        | <input type="checkbox"/> силикон          |                                                     | <input type="checkbox"/> инертный                  |                                                 |
| Электрические данные преобразователя |                                           | <input type="checkbox"/> =15–36                     | <input type="checkbox"/> =50                       | <input type="checkbox"/> ~220                   |
| Электропитание, В                    |                                           |                                                     |                                                    |                                                 |
| Выходной сигнал                      | <input type="checkbox"/> 4–20 мА          | <input type="checkbox"/> HART                       | <input type="checkbox"/> PROFIBUS DP               | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Вид защиты IP                        | <input type="checkbox"/> общепромышленный | <input type="checkbox"/> Ex (ia)                    | <input type="checkbox"/> Exd                       | <input type="checkbox"/> другой _____           |
| Индикатор                            | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет                        |                                                    |                                                 |
| Кабельный ввод                       | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет                        |                                                    |                                                 |

Электромонтажная часть согласована: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия, подпись)

Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_ (должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Таблица 18.16.Т3

## Опросный лист для заказа датчика давления при измерении уровня

## Заказчик

(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо

Должность, ФИО

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения

 коммерческий учет технологический учет

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование)

 жидкость под атмосферным давлением жидкость под избыточным давлением опасная среда (вещество)\* неопасная среда (вещество)

| Параметр              | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                                                                                             |
|-----------------------|---------|---------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Температура           |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С                                                                                   |
| Давление избыточное   |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> мм рт. ст. |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар <input type="checkbox"/> атм <input type="checkbox"/> другая _____               |
| Плотность             |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>                        |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л <input type="checkbox"/> другая _____                                          |
| Вязкость динамическая |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с <input type="checkbox"/> другая _____                                           |

Абразивные включения

 да нет

Газовая фаза в жидкости

 да % \_\_\_\_\_ нет

Допустимое падение давления на устройстве

 м см

Допустимая погрешность, %

Окружающая среда

 условно-чистая промышленная морская приморско-промышленная

Газ

 В-1 класс 0 В-1а класс 1 В-1б класс 2 В-1г класс 2

Пыль

 класс 20 В-II класс 21 В-III класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_

Давление, кПа \_\_\_\_\_

Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

– взрывоопасные;

– поддерживающие горение;

– едкие и коррозионные;

– легковоспламеняемые;

– ядовитые, очень ядовитые;

– прочие опасные вещества.

Окончание табл. 18.16.Т3

**Конструктивные особенности преобразователя**

Расстояние между отборами давления, м

|                                             |                                           |                                    |                                   |                                       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Разделительный сосуд                        | <input type="checkbox"/> один             | <input type="checkbox"/> два       |                                   |                                       |
| Конденсационный сосуд                       | <input type="checkbox"/> один             | <input type="checkbox"/> два       |                                   |                                       |
| Уравнительный сосуд                         | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет       |                                   |                                       |
| Вентильный блок                             | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет       |                                   |                                       |
| Резервуар (емкость)                         | <input type="checkbox"/> наземный         | <input type="checkbox"/> подземный |                                   |                                       |
| <b>Электрические данные преобразователя</b> | <input type="checkbox"/> =15-36           | <input type="checkbox"/> =50       | <input type="checkbox"/> ~220     |                                       |
| Электропитание, В                           |                                           |                                    |                                   |                                       |
| Выходной сигнал                             | <input type="checkbox"/> 4-20 мА          | <input type="checkbox"/> HART      | <input type="checkbox"/> PROFIBUS | <input type="checkbox"/> другой _____ |
| Вид защиты IP                               | <input type="checkbox"/> общепромышленный | <input type="checkbox"/> Ex (ia)   | <input type="checkbox"/> Exd      | <input type="checkbox"/> другой _____ |
| Индикатор                                   | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет       |                                   |                                       |
| Кабельный ввод                              | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет       |                                   |                                       |
| Необходимость пусконаладочных работ         | <input type="checkbox"/> да               | <input type="checkbox"/> нет       |                                   |                                       |

Электромонтажная часть согласована: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, подпись)

Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Таблица 18.17.Т1

## Качественные характеристики СУ

| Наименование<br>тип СУ | Характеристика СУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Достоинство                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Недостаток                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Диафрагма              | <p>Простота в изготовлении и монтаже, может применяться в широком диапазоне чисел Re.</p> <p>Устанавливают на ИТ внутренним диаметром от 50 до 1000 мм.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения диафрагм меньше, чем у других СУ.</p> <p>Наличие небольшого содержания конденсата практически не оказывает влияния на коэффициент истечения</p>                                                                                                                                                                                         | <p>В процессе эксплуатации неизбежно притупление входной кромки диафрагмы, что приводит к дополнительной прогрессирующей неопределенности коэффициента истечения, которая может быть существенной для диафрагм, устанавливаемых в трубопроводах диаметром менее 100 мм.</p> <p>Потери давления на диафрагмах выше, чем на других СУ</p> |
| Сопло<br>ИСА 1932      | <p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации, потери давления на нем меньше, чем на диафрагме.</p> <p>Может иметь относительный диаметр отверстия до 0,8.</p> <p>Меньше, чем диафрагма реагирует на турбулентные пульсации потока и обладает меньшей чувствительностью к шероховатости внутренних стенок ИТ.</p> <p>В ИТ внутренним диаметром менее 100 мм может обеспечивать меньшую неопределенность результата измерения расхода среды, чем диафрагма за счет отсутствия поправки на притупление входной кромки</p> | <p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 500 мм.</p> <p>Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при <math>Re &gt; 10^7</math>.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения больше, чем у диафрагмы</p>                                                        |
| Эллипсное сопло        | <p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации.</p> <p>Потери давления на нем меньше, чем на диафрагме.</p> <p>Может иметь относительный диаметр отверстия до 0,8</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 630 мм.</p> <p>Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при <math>Re &gt; 10^7</math>.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения достигает 2%</p>                                                                   |
| Сопло<br>Вентури       | <p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации расходомера.</p> <p>Потери давления на нем значительно меньше, чем на диафрагме, сопле ИСА 1932 и эллипсном сопле.</p> <p>Коэффициент истечения не зависит от числа Re</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Имеет узкий диапазон применения по числам Re.</p> <p>Имеет большую неопределенность коэффициента истечения</p>                                                                                                                                                                               |

Окончание табл. 18.17.Т1

| Наименование<br>Типа СУ | Характеристика СУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                         |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                         | Достоинство                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Недостаток                                              |
| Труба<br>Вентури        | <p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации. Потери давления на ней значительно меньше, чем на диафрагме и сопле, а в некоторых случаях и сопле Вентури. Требуются короткие прямолинейные участки ИТ.</p> <p>В проточной части отсутствуют застойные зоны, где могут скапливаться осадки.</p> <p>Допускается к применению в трубопроводах внутренним диаметром до 1200 мм</p> | Является сложным в изготовлении и имеет большие размеры |

**Примечание.**

На основании данных таблицы для измерения расхода и количества среды в ИТ внутренним диаметром свыше 100 мм предпочтительно применение диафрагм. Сопла ИСА 1932 рекомендуется применять, если определяющим критерием выбора типа СУ является стабильность характеристик при длительной эксплуатации. Сопла ИСА 1932 могут обеспечивать наибольшую точность измерений относительно диафрагм в трубопроводах с небольшим внутренним диаметром. Сопла Вентури рекомендуется применять, если требуется обеспечение надежности работы расходомера и низких потерь давления в измерительных системах. Трубы Вентури рекомендуется применять для измерения расхода загрязненных потоков, а также если наряду с надежностью и низкой потерей давления требуются короткие прямолинейные участки ИТ до и после СУ.

При выборе способа отбора давления на диафрагмах следует учитывать следующие положения.

Достоинством углового способа отбора давления являются удобство монтажа диафрагмы, а также возможность применения кольцевых камер усреднения, обеспечивающих усреднение давления, что позволяет в некоторых случаях снизить требование к эксцентриситету установки диафрагмы, уменьшить влияние МС на показание расходомера. Недостатками данного способа отбора являются зависимость измеряемого перепада давления от давления, вероятность загрязнения отверстий.

Достоинством фланцевого и трехрадиусного способов отбора давления является меньшая степень засорения отверстий. Имеются данные, указывающие на некоторое снижение влияния шероховатости стенок трубопровода на коэффициент истечения диафрагм с фланцевым и трехрадиусным способами отбора давления. Недостатком трехрадиусного и фланцевого способов отбора является то, что без применения дополнительных специальных конструкций статическое давление до и после диафрагмы измеряется без их осреднения по периметру трубопровода. Кроме того, для трехрадиусного способа отбора требуется сверление стенки трубопровода.

Таблица 18.17.Т2

## Коэффициент скорости входа E

| $\delta$ | $\beta^2 = m$ | $\beta^2 = m^2$ | $1 - \beta^2$ | $1 - \beta^4$ | $\sqrt{1 - \beta^2}$ | $E = 1 / \sqrt{1 - \beta^2}$ |
|----------|---------------|-----------------|---------------|---------------|----------------------|------------------------------|
| 0,20     | 0,0400        | 0,0016          | 0,9600        | 0,9984        | 0,9992               | 1,0008                       |
| 0,22     | 0,0484        | 0,0023          | 0,9516        | 0,9977        | 0,9988               | 1,0012                       |
| 0,24     | 0,0576        | 0,0033          | 0,9424        | 0,9967        | 0,9983               | 1,0017                       |
| 0,26     | 0,0676        | 0,0046          | 0,9324        | 0,9954        | 0,9977               | 1,0023                       |
| 0,28     | 0,0784        | 0,0061          | 0,9216        | 0,9939        | 0,9969               | 1,0031                       |
| 0,30     | 0,0900        | 0,0081          | 0,9100        | 0,9919        | 0,9959               | 1,0041                       |
| 0,32     | 0,1024        | 0,0105          | 0,8976        | 0,9895        | 0,9947               | 1,0053                       |
| 0,34     | 0,1156        | 0,0134          | 0,8844        | 0,9866        | 0,9933               | 1,0068                       |
| 0,36     | 0,1296        | 0,0168          | 0,8704        | 0,9832        | 0,9916               | 1,0085                       |
| 0,38     | 0,1444        | 0,0209          | 0,8556        | 0,9791        | 0,9895               | 1,0106                       |
| 0,40     | 0,1600        | 0,0256          | 0,8400        | 0,9744        | 0,9871               | 1,0131                       |
| 0,42     | 0,1764        | 0,0311          | 0,8236        | 0,9689        | 0,9843               | 1,0160                       |
| 0,44     | 0,1936        | 0,0375          | 0,8064        | 0,9625        | 0,9811               | 1,0193                       |
| 0,46     | 0,2116        | 0,0448          | 0,7884        | 0,9552        | 0,9773               | 1,0232                       |
| 0,48     | 0,2304        | 0,0531          | 0,7696        | 0,9469        | 0,9731               | 1,0276                       |
| 0,50     | 0,2500        | 0,0625          | 0,7500        | 0,9375        | 0,9682               | 1,0328                       |
| 0,52     | 0,2704        | 0,0731          | 0,7296        | 0,9269        | 0,9628               | 1,0386                       |
| 0,54     | 0,2916        | 0,0851          | 0,7084        | 0,9149        | 0,9565               | 1,0455                       |
| 0,56     | 0,3136        | 0,0934          | 0,6864        | 0,9066        | 0,9522               | 1,0502                       |
| 0,58     | 0,3364        | 0,1132          | 0,6636        | 0,8868        | 0,9417               | 1,0619                       |
| 0,60     | 0,3600        | 0,1296          | 0,6400        | 0,8704        | 0,9330               | 1,0719                       |
| 0,62     | 0,3844        | 0,1478          | 0,6156        | 0,8522        | 0,9231               | 1,0833                       |
| 0,64     | 0,4096        | 0,1678          | 0,5904        | 0,8322        | 0,9122               | 1,0963                       |
| 0,66     | 0,4356        | 0,1897          | 0,5644        | 0,8103        | 0,9002               | 1,1109                       |
| 0,68     | 0,4624        | 0,2138          | 0,5376        | 0,7862        | 0,8867               | 1,1278                       |
| 0,70     | 0,4900        | 0,2401          | 0,5100        | 0,7599        | 0,8717               | 1,1472                       |
| 0,72     | 0,5184        | 0,2687          | 0,4816        | 0,7313        | 0,8552               | 1,1693                       |
| 0,74     | 0,5476        | 0,3000          | 0,4524        | 0,7000        | 0,8367               | 1,1952                       |
| 0,75     | 0,5625        | 0,3160          | 0,4375        | 0,6840        | 0,8270               | 1,2092                       |

Таблица 18.17.Т3

## Ограничения применяемости СУ по ГОСТ 8.563.1-97

| Диаметр<br>трубы $D$ , мм      | Число<br>Рейнольдса $Re$        | Вид СУ                                      | Вид отбора                                                       | $\beta$ - относительный диаметр СУ |     |     |     |     |     |     |  | Примечание                  |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----------------------------|
|                                |                                 |                                             |                                                                  | 0,2                                | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |  |                             |
| 50-1000<br>$d \geq 12,5$ мм    | 5000-10 <sup>8</sup>            | Стандартная<br>диафрагма                    | Угловой                                                          | 0,23         0,45                  |     |     |     |     |     |     |  | п. 8.3.1                    |
|                                | 10000-10 <sup>8</sup>           |                                             | Угловой                                                          | 0,77                               |     |     |     |     |     |     |  |                             |
|                                | 20000-10 <sup>8</sup>           |                                             | Угловой                                                          | 0,8                                |     |     |     |     |     |     |  |                             |
| 50-760<br>$d \geq 12,5$ мм     | 5000-10 <sup>8</sup>            | Стандартная<br>диафрагма                    | Фланцевый                                                        | 0,2                 0,75           |     |     |     |     |     |     |  | п. 8.3.1                    |
|                                | 10000-10 <sup>8</sup>           |                                             | Радиальный                                                       | 0,2                 0,75           |     |     |     |     |     |     |  |                             |
| 60-625<br>$10 < d \leq 125$ мм | 5000-10 <sup>8</sup>            | Износ-<br>устойчивая<br>диафрагма           | Угловой                                                          | 0,2                 0,75 0,8       |     |     |     |     |     |     |  | МИ 2333-95,<br>РД 50-411-83 |
| 50-500                         | 20000-10 <sup>8</sup>           | Сопло<br>ИСА 1932                           | Угловой                                                          | 0,44         0,8                   |     |     |     |     |     |     |  | п. 9.6.1                    |
|                                | 70000-10 <sup>8</sup>           | Сопло<br>ИСА 1932                           | Угловой                                                          | 0,3                                |     |     |     |     |     |     |  |                             |
| 50-630                         | 10000-10 <sup>7</sup>           | Сопло с боль-<br>шим радиусом<br>скругления | Угловой                                                          | 0,2 0,25                 0,8       |     |     |     |     |     |     |  | ИСО 5167<br>пп. 8.2 и 8.2.5 |
|                                | 10000-10 <sup>7</sup>           | Сопло с малым<br>радиусом<br>скругления     | Угловой                                                          | 0,2                 0,5            |     |     |     |     |     |     |  |                             |
| 65-500<br>$d \geq 50$ мм       | $1,5 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$ | Сопло<br>Вентури                            | Угловой                                                          | 0,316         0,775                |     |     |     |     |     |     |  | п. 10.2.4.1                 |
| 100-800                        | $2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$   | Труба<br>Вентури<br>литая                   | Отверстия<br>на входе<br>с кольцом и<br>в горловине<br>с кольцом | 0,3         0,75                   |     |     |     |     |     |     |  | п. 10.1.1.1                 |
| 50-250                         | $2 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$   | Труба Вентури<br>с обработан-<br>ным входом |                                                                  | 0,4 0,45         0,75              |     |     |     |     |     |     |  | п. 10.1.1.2                 |
| 200-1 200<br>(1400)            | $2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$   | Труба<br>Вентури<br>сварная                 |                                                                  | 0,4 0,45         0,7               |     |     |     |     |     |     |  | п. 10.1.1.3                 |

Пар, газ

Таблица 18.17.Т4

Требования к длинам прямых участков при установке СУ с местным сопротивлением типа коллектор

| Расположение СУ и коллектора |        | Выбор прямых участков                                                                                     |                                                                      |          |                                                                                         |                                                                                      |
|------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |        |                                                                                                           | СУ                                                                   | $D_n$    | $D_n = D_k$                                                                             | Резкое сужение, группа колен в одной плоскости (группа колен в различных плоскостях) |
|                              |        | Второе МС перед СУ                                                                                        | $SU_1$                                                               | $D_1$    | Одиночное колено                                                                        |                                                                                      |
|                              | $SU_2$ | $D_2$                                                                                                     | Группа колен в одной плоскости (группа колен в различных плоскостях) |          |                                                                                         |                                                                                      |
|                              |        | Первое МС после СУ                                                                                        | $SU_{ro}$                                                            | $D_{ro}$ | Резкое расширение, группа колен в одной плоскости (группа колен в различных плоскостях) | Резкое расширение (группа колен в различных плоскостях)                              |
|                              |        |                                                                                                           | $SU_{bo}$                                                            | $D_{bo}$ |                                                                                         |                                                                                      |
|                              |        | $SU_1, SU_2, SU_3$ расположены в одной плоскости ( $SU_1, SU_2, SU_3$ расположены в различных плоскостях) |                                                                      |          |                                                                                         |                                                                                      |
|                              |        |                                                                                                           | СУ                                                                   | $D_n$    | $D_{ro} = D_k; D_{bo} = D_k$                                                            | Резкое сужение, группа колен в одной плоскости (группа колен в различных плоскостях) |
|                              |        | Первое МС перед СУ                                                                                        | $SU_{ro}$                                                            | $D_{ro}$ | Группа колен в одной плоскости (группа колен в различных плоскостях)                    |                                                                                      |
|                              |        |                                                                                                           | $SU_{bo}$                                                            | $D_{bo}$ | (Группа колен в различных плоскостях)                                                   |                                                                                      |
|                              |        |                                                                                                           |                                                                      |          |                                                                                         |                                                                                      |

Направление потока →

$D$  – диаметр трубопровода измерительной линии;

$n$  – 1, 2, 3, ...;

$D_k$  – диаметр коллектора;

$D_{ro}, D_{bo}$  – диаметр трубопровода, расположенного горизонтально или вертикально;

( ) – в случае, если одно или более колен расположены в другой плоскости, чем остальные (остальное) колена.

Таблица 18.17.Т5

Наименьшая относительная длина прямого участка  $L_{к2}$  между местными сопротивлениями, установленными перед СУ

| Второе местное сопротивление             | $L_{к2}$ | Первое местное сопротивление                               | $L_{к2}$ |
|------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Задвижка, равнопроходный шаровой кран | 10       | 7. Диффузор                                                | 16       |
| 2. Пробковый кран                        | 15       | 8. Симметричное резкое расширение                          | 39       |
| 3. Запорный клапан, вентиль              | 17       | 9. Одинокое колено, тройник с заглушкой                    | 14       |
| 4. Затвор (заслонка)                     | 23       | 10. Группа колен в одной плоскости, разветвляющийся поток  | 18       |
| 5. Конфузор                              | 8        | 11. Группа колен в разных плоскостях, смешивающиеся потоки | 31       |
| 6. Симметричное резкое сужение           | 15       | 12. Местное сопротивление неопределенного типа             | 46       |

Таблица 18.17.Т6

Значения эквивалентной шероховатости внутренней поверхности различных трубопроводов

| Материал                                           | Состояние внутренней поверхности трубопровода | $\lambda_{ш}$ , мм |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|
| Латунь, медь, алюминий, пластмассы, стекло, свинец | Новая без осадков                             | < 0,03             |
| Сталь                                              | Новая бесшовная:                              |                    |
|                                                    | • холоднотянутая                              | < 0,03             |
|                                                    | • горячетяннутая                              | < 0,1              |
|                                                    | • прокатная                                   | < 0,1              |
|                                                    | Новая сварная                                 | < 0,1              |
|                                                    | С незначительным налетом ржавчины             | < 0,2              |
|                                                    | Ржавая                                        | < 0,3              |
|                                                    | Битуминированная:                             |                    |
|                                                    | • новая                                       | < 0,05             |
|                                                    | • бывшая в эксплуатации                       | < 0,2              |
| Оцинкованная:                                      |                                               |                    |
|                                                    | • новая                                       | < 0,15             |
|                                                    | • бывшая в эксплуатации                       | 0,18               |
| Чугун                                              | Новая                                         | 0,25               |
|                                                    | Ржавая                                        | < 1,2              |
|                                                    | С накипью                                     | < 1,5              |
|                                                    | Битуминированная, новая                       | < 0,05             |
| Асбоцемент                                         | Облицованная и необлицованная, новая          | < 0,03             |
|                                                    | Необлицованная, в обычном состоянии           | 0,05               |

Предельные значения относительной эквивалентной шероховатости трубопровода перед СУ в зависимости от  $\beta$

| Вид СУ                                                 | $\beta$ и $R_m/D \cdot 10^4$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                        | <0,30                        | 0,32 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,77 | 0,80 |
| Диафрагма с угловым отбором давления                   | 25,0                         | 18,1 | 12,9 | —    | 10,0 | 8,3  | 7,1  | —    | —    | 5,6  | —    | —    | 4,9  | 4,2  | —    | 4,0  | 3,9  |
| Диафрагма с фланцевым и трехрадиусным отбором давления | 25,0                         | 18,1 | 12,9 | —    | 10,0 | 10,0 | 10,0 | —    | —    | 10,0 | —    | —    | 10,0 | 10,0 | —    | 10,0 | 10,0 |
| Сопло                                                  | 25,0                         | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 18,6 | 13,5 | 10,6 | 8,7  | 7,5  | —    | 6,7  | 6,1  | 5,6  | 4,5  | 4,0  | 3,9  | 3,9  |

Таблица 18.17.Т8

Ориентировочная масса СУ и трубопроводов различного диаметра

| Наименование                                            | $D_s$   |           |           |           |            |             |             |             |             |
|---------------------------------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                         | 50      | 100       | 150       | 200       | 250        | 300         | 350         | 400         | 500         |
| Масса диафрагмы бескамерной с фланцевым соединением, кг | —       | —         | —         | —         | —          | 82/105      | 97/132      | 120/162     | 175/272     |
| Масса диафрагмы камерной с фланцевым соединением, кг    | 4,8/8,5 | 11,2/20,4 | 21,7/37,6 | 41,8/63,9 | 70,5/102,6 | 109,3/148,0 | 154,2/217,0 | 198,6/272,0 | 266,7/402,0 |
| Масса трубопровода без изоляции, кг                     | 4,62    | 10,26     | 17,15     | 31,52     | 45,92      | 70,14       | 90,51       | 112,85      | 115,4       |
| Масса трубопровода с изоляцией, кг                      | 16,62   | 32,26     | 52,15     | 83,52     | 106,92     | 140,14      | 169,51      | 202,85      | 253,4       |
| Масса воды в одном погонном метре трубы, кг             | 1,96    | 7,85      | 17,7      | 33,7      | 52,7       | 74,0        | 100,0       | 128,2       | 205,1       |

Таблица 18.17.Т9

**Рекомендуемые значения отношения  $d/D = \beta$   
при различных скоростях потока рабочей среды**

| Технологическая,<br>рабочая среда      | Скорость потока<br>в месте<br>измерения, м/с | $m = \beta^2$ | $\beta = d, D$ | Примечания                                             |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------------------------------|
| Жидкость<br>при среднем $\Delta p$     | 2–4                                          | 0,2–0,3       | 0,447–0,547    | $\Delta p$ – потеря давления<br>на сужающем устройстве |
| Жидкость при<br>минимальном $\Delta p$ | 2–4                                          | 0,36–0,4      | 0,60–0,6324    |                                                        |
| Газ, пар                               | 10–20                                        | 0,3–0,36      | 0,547–0,60     |                                                        |
|                                        | 25–35                                        | 0,4–0,45      | 0,6324–0,67    |                                                        |
|                                        | >35                                          | 0,5–0,56      | 0,707–0,748    |                                                        |
|                                        | 40–80                                        | 0,56–0,64     | 0,75–0,80      |                                                        |

*Примечание.*

Значения  $m$  приняты по материалам разделов 1.20 и 1.21 справочника П. П. Кремлевского.

Таблица 18.17.Т10

## Опросный лист для заказа и расчета сужающего устройства

Заказчик  
(предприятие, фирма) \_\_\_\_\_

Адрес почтовый \_\_\_\_\_

Контактное лицо  
Должность, ФИО \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения  коммерческий учет  технологический учет

Место установки \_\_\_\_\_

Позиция \_\_\_\_\_ Количество \_\_\_\_\_

Измеряемая среда (наименование) \_\_\_\_\_

жидкость  газ сухой  пар перегретый

газ влажный  пар насыщенный

опасная среда (вещество)\*  неопасная среда (вещество)

| Параметр              | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                                                                                                           |
|-----------------------|---------|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Температура           |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С                                                                                                 |
| Давление              |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> мм рт. ст.               |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар <input type="checkbox"/> атм <input type="checkbox"/> другая _____                             |
| Расход                |         |         |          | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> л/с <input type="checkbox"/> л/ч                                                                   |
| Плотность             |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>                                      |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л <input type="checkbox"/> другая _____                                                        |
| Вязкость динамическая |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с <input type="checkbox"/> другая _____                                                         |
| Электропроводность    |         |         |          | <input type="checkbox"/> мкСм/см <input type="checkbox"/> другая _____                                                      |

Абразивные включения  да  нет

Газовая фаза в жидкости  да % \_\_\_\_\_  нет

Допустимое падение давления на устройстве  м  см

Окружающая среда  условно-чистая  промышленная  морская  приморско-промышленная

Газ  В-1 класс 0  В-1а класс 1  В-1б класс 2  В-1г класс 2

Пыль  класс 20  В-П класс 21  В-Па класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_ Давление, кПа \_\_\_\_\_ Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

- |                        |                             |                            |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| – взрывоопасные;       | – поддерживающие горение;   | – едкие и коррозионные;    |
| – легковоспламеняемые; | – ядовитые, очень ядовитые; | – прочие опасные вещества. |

Окончание табл. 18.17.Т10

Измерительная линия. Трубопровод  горизон-  
тальный  вертикаль-  
ный  наклонный

Материал D – диаметр трубы, мм

Толщина стенки, мм Толщина изоляционного поля, мм

Шероховатость

Прямые участки, D до устройства после устройства

Тип соединения  фланцевое  резьба  приварка  другойКонструкторско-технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, подпись)Сужающее устройство: диафрагма  
Относительный диаметр  $\beta$  (от 0,1 до 0,75)

Отверстие d, мм

Толщина Ед, мм (от 0,005 до 0,5 D), мм

Способ отбора давления  трехрадиус-  
ный  фланцевый  фланцевый с  
отдельными  угловой  
отверстиями  с камерой  
усреднения

Материал диафрагмы

Материал фланцев

Материал корпуса камеры

Фланцевое соединение (патрубки, уплотне-  
ния и др.)  да \_\_\_\_\_ длина \_\_\_\_\_ мм  нетМонтажное кольцо  да  нетЗаборный штуцер с запорным органом  с резьбовым  
соединением  с сварным  
соединением  нет

Угол между заборными штуцерами для измерения пара

Часть АСУТП согласована: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, подпись)Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия)

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Таблица 18.17.Т11

## Опросный лист для заказа расходомера

Заказчик  
(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо  
Должность, ФИО

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения

 коммерче-  
ский учет технологи-  
ческий учет

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование)

 жидкость газ сухой пар  
перегретый газ влажный пар  
насыщенный опасная среда (вещество)\* неопасная среда  
(вещество)

| Параметр                 | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                           |                                              |                                       |
|--------------------------|---------|---------|----------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура              |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С                 |                                              |                                       |
| Давление                 |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа                | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|                          |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар                | <input type="checkbox"/> атм                 | <input type="checkbox"/> другая _____ |
| Расход<br>объемный       |         |         |          | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с  | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч   | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                          |         |         |          | <input type="checkbox"/> л/с                | <input type="checkbox"/> л/ч                 |                                       |
| Расход<br>массовый       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кг/с               | <input type="checkbox"/> кг/ч                | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                          |         |         |          |                                             | <input type="checkbox"/> т/ч                 |                                       |
| Плотность                |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>   |                                       |
|                          |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л              | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Вязкость<br>динамическая |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с               | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Электро-<br>проводность  |         |         |          | <input type="checkbox"/> мкСм/см            | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |

Абразивные включения

 да нет

Газовая фаза в жидкости

 да % \_\_\_\_\_ нет

Допустимое падение давления на устройстве

 кПа кг/см<sup>2</sup> атм

Допустимая погрешность, %

Окружающая среда

 условно-  
чистая промыш-  
ленная морская приморско-  
промыш-  
ленная

Газ

 В-1  
класс 0 В-1а  
класс 1 В-1б  
класс 2 В-1г  
класс 2

Пыль

 класс 20 В-П  
класс 21 В-Па  
класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_

Давление, кПа \_\_\_\_\_

Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

– взрывоопасные;

– поддерживающие горение;

– едкие и коррозионные;

– легковоспламеняемые;

– ядовитые, очень ядовитые;

– прочие опасные вещества.

Окончание табл. 18.17.Т11

|                                                                                           |                                                                         |                                                  |                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Измерительная линия. Трубопровод                                                          | <input type="checkbox"/> горизонтальный                                 | <input type="checkbox"/> вертикальный            | <input type="checkbox"/> наклонный                                         |
| Материал                                                                                  | D — диаметр трубы, мм                                                   |                                                  |                                                                            |
| Толщина стенки, мм                                                                        | Толщина изоляционного поля, мм                                          |                                                  |                                                                            |
| Шероховатость                                                                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Прямые участки, D                                                                         | до устройства                                                           | после устройства                                 |                                                                            |
| Тип соединения                                                                            | <input type="checkbox"/> фланцевое                                      | <input type="checkbox"/> резьба                  | <input type="checkbox"/> приварка <input type="checkbox"/> другой _____    |
| Конструкторско-технологическая часть согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)  |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Конструктивные особенности преобразователя                                                | <input type="checkbox"/> компактный <input type="checkbox"/> раздельный |                                                  |                                                                            |
| Измерительный преобразователь                                                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Установка                                                                                 | <input type="checkbox"/> на стену IP 67                                 | <input type="checkbox"/> на лицевую панель IP 65 | <input type="checkbox"/> на внутреннюю панель IP 20                        |
| Расстояние между сенсором и измерительным преобразователем, м                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Часть АСУТП согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)                           |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Электрические данные преобразователя                                                      | <input type="checkbox"/> =15–36                                         | <input type="checkbox"/> =50                     | <input type="checkbox"/> ~220                                              |
| Электропитание, В                                                                         |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Выходной сигнал                                                                           | <input type="checkbox"/> 4–20 мА                                        | <input type="checkbox"/> HART                    | <input type="checkbox"/> PROFIBUS DP <input type="checkbox"/> другой _____ |
| Вид защиты IP                                                                             | <input type="checkbox"/> общепромышленный                               | <input type="checkbox"/> Ex (ia)                 | <input type="checkbox"/> Exd <input type="checkbox"/> другой _____         |
| Индикатор                                                                                 | <input type="checkbox"/> да                                             | <input type="checkbox"/> нет                     |                                                                            |
| Кабельный ввод                                                                            | <input type="checkbox"/> да                                             | <input type="checkbox"/> нет                     |                                                                            |
| Электромонтажная часть согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)                |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: _____<br>(должность, фамилия) |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Телефон _____                                                                             | Факс _____                                                              |                                                  |                                                                            |
| E-mail _____                                                                              |                                                                         |                                                  |                                                                            |

Таблица 18.17.Т12

## Выбор расходомера для конкретных условий применения

| Условия применения            |                     |                                                                                                                                                                          | Принципы действия расходомера                            |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  |                |    |    |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|----------|----------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------|----------------|----|----|
| Измеряемая среда              |                     | Возможности измерения расходомера                                                                                                                                        | Перепад давления (с сужающим устройством)                | Щелевой | Ротаметр | Вихревой | Турбинный объемный | Камерный объемный | Кл. колесный магнитный | Термопарамагнетостный | Электромагнитный | Ультразвуковой |    |    |
| Основная характеристика среды | Пример среды        |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | A1 | A2 |
| Жидкость                      | Электропроводящая   | Мало-вязкая <math>10^{-5}</math> м <sup>2</sup> /с, 10сСТ, 1,32ВУ, 1,32 °Е<br>Вода хозяйственно-бытовая, вода сточная, кислота, щелочь, эмульсия водная                  | Расход объемный                                          | +       | +        | +        | +                  | +                 | +                      | +                     | +                | +              | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Расход массовый                                          | (+)     |          |          |                    |                   |                        |                       |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Высокая точность                                         |         |          |          |                    |                   | +                      | +                     | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диапазон измерения (Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub> ) |         | +        | +        | +                  | +                 | +                      | +                     |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диаметр DN (диаметр большой)                             | +       | +        |          |                    |                   | +                      |                       |                  |                |    | +  |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Потеря давления (низкая)                                 |         | +        |          |                    | +                 | +                      | +                     |                  |                |    | +  |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Температура среды высокая                                | +       | +        | +        | +                  | +                 | +                      |                       |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Давление среды высокое                                   | +       |          |          |                    | +                 | +                      |                       | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Измерение бесконтактное                                  |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | ++ |    |
|                               | Измерение плотности |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    |                   | +                      |                       |                  |                |    |    |
|                               | Непроводящая        | Высоко-вязкая >10 <sup>-5</sup> м <sup>2</sup> /с, 10сСТ, 1,32ВУ, 1,32 °Е<br>Шлам, пульпа, паста                                                                         | Расход объемный                                          | +       | +        |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Расход массовый                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Высокая точность                                         |         |          |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диапазон измерения (Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub> ) |         | +        |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диаметр DN (диаметр большой)                             |         | +        |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Потеря давления (низкая)                                 |         | +        |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Температура среды высокая                                | +       | +        |          |                    |                   |                        | +                     |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Давление среды высокое                                   | +       |          |          |                    |                   |                        |                       | +                |                |    |    |
| Измерение бесконтактное       |                     |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       | ++               |                |    |    |
| Жидкость                      | Электропроводящая   | Мало-вязкая <math>10^{-5}</math> м <sup>2</sup> /с, 10сСТ, 1,32ВУ, 1,32 °Е<br>Вода дистиллированная, сжиженные углеводороды, топливо светлое, масло легкое, растворитель | Расход объемный                                          | +       | +        | +        | +                  | +                 | +                      | +                     |                  | +              |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Расход массовый                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Высокая точность                                         |         |          |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диапазон измерения (Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub> ) |         | +        | +        | +                  | +                 | +                      | +                     |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диаметр DN (диаметр большой)                             | +       | +        |          |                    |                   | +                      |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Потеря давления (низкая)                                 |         | +        |          |                    | +                 | +                      |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Температура среды высокая                                | +       | +        | +        | +                  |                   | +                      |                       |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Давление среды высокое                                   | +       |          |          |                    | +                 |                        |                       | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Измерение бесконтактное                                  |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  | ++             |    |    |
|                               | Измерение плотности |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    |                   | +                      |                       |                  |                |    |    |
|                               | Непроводящая        | Высоко-вязкая >10 <sup>-5</sup> м <sup>2</sup> /с, 10сСТ, 1,32ВУ, 1,32 °Е<br>Краска, лак, жир, масло пищевое, мазут                                                      | Расход объемный                                          | +       | +        |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Расход массовый                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  | +              |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Высокая точность                                         |         |          |          |                    |                   |                        |                       | +                | +              |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диапазон измерения (Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub> ) |         | +        |          |                    |                   |                        | +                     | +                |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Диаметр DN (диаметр большой)                             | +       | +        |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Потеря давления (низкая)                                 |         | +        |          |                    |                   |                        |                       |                  |                | +  |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Температура среды высокая                                | +       | +        |          |                    |                   |                        | +                     |                  |                |    |    |
|                               |                     |                                                                                                                                                                          | Давление среды высокое                                   | +       |          |          |                    |                   |                        |                       | +                |                |    |    |
| Измерение бесконтактное       |                     |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    |                   |                        |                       |                  | +              |    |    |
| Измерение плотности           |                     |                                                                                                                                                                          |                                                          |         |          |          |                    | +                 |                        |                       |                  |                |    |    |

Окончание табл. 18.17.Т12

| Условия применения            |                              |                                                              | Принцип действия расходомера             |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|----------|----------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------|----|----|
| Измеряемая среда              |                              | Возможности измерения расходомера                            | Перевал давления (с сузким устройством)  | Шелевой | Ротаметр | Вызревой | Турбинный объемный | Камерный объемный | Коррозионный массовый | Термоиндукционный | Электромагнитный | Ультразвуковой |    |    |
| Основная характеристика среды | Пример среды                 |                                                              |                                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                | A1 | A2 |
| Газ                           | Газ чистый, смесь газов      | Азот, кислород, пропан, воздух, природный газ, топливный газ | Расход объемный                          | +       |          | +        | +                  | +                 | +                     | +                 | +                |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Расход массовый                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   | +                |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Высокая точность                         |         |          |          |                    | +                 | +                     | +                 |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Диапазон измерения ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) |         |          | +        | +                  | +                 | +                     | +                 | +                |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Диаметр DN (диаметр большой)             | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Температура среды высокая                | +       |          | +        | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Давление среды высокое                   | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   | +                |                |    |    |
|                               | Газ загрязненный             | Газ дымовой                                                  | Расход объемный                          | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Расход массовый                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Высокая точность                         |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Диапазон измерения ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Диаметр DN (диаметр большой)             | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Температура среды высокая                | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              |                                                              | Давление среды высокое                   | +       |          |          | +                  |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
| Пар                           | Пар насыщенный, пар нагретый | Расход объемный                                              | +                                        |         |          | +        |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Расход массовый                                              |                                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Высокая точность                                             |                                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Диапазон измерения ( $Q_{max}/Q_{min}$ )                     |                                          |         |          |          |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Диаметр DN (диаметр большой)                                 | +                                        |         |          | +        |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Температура среды высокая                                    | +                                        |         |          | +        |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |
|                               |                              | Давление среды высокое                                       | +                                        |         |          | +        |                    |                   |                       |                   |                  |                |    |    |

(+) – величина расчетная

++ – контакт минимален

## Общие технические данные для выбора расходомера

| Технические характеристики     |                       | Единица измерения | Принцип измерения                   |             |              |                         |                 |                  |                       |                         |                      |                 | Примечание |  |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|-------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|------------|--|
|                                |                       |                   | А1. Перепад давления                | А2. Щелевой | А3. Ротаметр | А4. Вихревой            | Б6.1. Турбинный | Б6.2. Камерный   | Б7. Корвилис          | Б8. Тепловое            | Б9. Электромагнитный | В10. Ультразвук |            |  |
| Состояние: жидкость, газ, пар  |                       | —                 | Ж<br>Г П                            | Ж           | Ж<br>Г       | Ж<br>Г П                | Ж               | Ж<br>Г           | Ж<br>Г                | Ж<br>Г                  | Ж<br>Г               | Ж<br>Г          | Ж          |  |
| Расход газа                    | Объемный              | м³/час            | Ж 350000<br>Г 10000000<br>П 4400000 | по расчету  | 450 л/с      | Ж до 2500<br>ГП до 5000 | 1,5 до 10000    | —                | расчет                | 0,05–7000 л/с<br>70 м/с | 0–110000             | до 700000       |            |  |
|                                | Массовый              | кг/час            | —                                   | —           | —            | расчет                  | расчет          | —                | Ж 680000<br>Г 2200000 | —                       | расчет               | —               |            |  |
|                                | Точность, погрешность | %                 | 0,25; 0,5;<br>1; 1,5                | до 4,8      | ±2           | 1; 1,7                  | 0,5–5,0         | 0,2–1,0          | 0,1; 0,2              | 3                       | до 0,5               | 0,5; 1; 1,5     |            |  |
| Давление, P <sub>N</sub>       |                       | кг/см²            | 400                                 | атмосф.     | 40           | до 600                  | 250             | 64               | 100;<br>до 400        | до 300                  | 40 до 200            | без ограничений |            |  |
| Температура, t <sub>c</sub>    |                       | °С                | –40–85<br>(–200–1000)               | 0–100       | –20–300      | –200–400                | –240–700        | –40–120<br>(300) | –50–150<br>(400)      | –10–100                 | –40–180              | –250–200        |            |  |
| Плотность, ρ                   |                       | кг/м³             | зависит от Re <sub>расч</sub>       | любая       | низкая       | высокая                 | газ > 2         | высокая          | > 2,9 (6)<br>высокая  | —                       | —                    | —               |            |  |
| Вязкость (только для жидкости) |                       | сСт               | низкая                              | высокая     | до 100 мПа·с | низкая < 2              | низкая < 0,2    | очень высокая    | высокая               | —                       | высокая              | очень высокая   |            |  |
| Диэлектрическая постоянная     |                       | —                 | —                                   | —           | —            | —                       | —               | —                | —                     | —                       | —                    | —               |            |  |
| Электропроводность             |                       | да/нет            | —                                   | —           | —            | —                       | —               | —                | —                     | —                       | да*                  | —               |            |  |
| Турбулентность                 |                       | да/нет            | нет                                 | —           | нет          | нет                     | нет             | да               | —                     | —                       | нет                  | —               |            |  |
| Коррозийность                  |                       | да/нет            | —                                   | —           | нет          | да                      | да              | да               | —                     | —                       | да                   | да              |            |  |
| Абразивность                   |                       | да/нет            | влияет на точность                  | большая     | нет          | —                       | малая           | малая            | —                     | нет                     | да                   | да              |            |  |
| Механические примеси           |                       | да/нет            | да                                  | да          | нет          | да                      | недопустимы     | нет              | —                     | нет                     | да                   | да              |            |  |

\* Электропроводность – &gt;1 мкСм/см.

| Технические характеристики |                                 | Единица измерения        | Принцип измерения         |                              |                   |                             |                 |                |                  |                |                      |                    | Примечание |  |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|----------------------|--------------------|------------|--|
|                            |                                 |                          | А1. Перепад давления      | А2. Щелевой                  | А3. Ротаметр      | А4. Вихревой                | Б6.1. Турбинный | Б6.2. Камерный | Б7. Корiolис     | В8. Тепловой   | В9. Электромагнитный | В10. Ультразвук    |            |  |
| Трубопровод                | Диаметр, $D_N$                  | мм                       | 10–2000                   | Щель по расчету              | 10–100            | 15–300                      | 4–750           | 15–80          | 1–250<br>(10–80) | 15–1000        | 2–2000               | 15–4000            |            |  |
|                            | Поток: одностор., двусторонний  | 1<br>2                   | 1 (2)                     | 1                            | 1                 | 1                           | 1               | 1              | 2                | 1              | 2                    | 2                  |            |  |
|                            | Подключение, вид                | фланцев. сварка накладн. | все                       | —                            | резьба шланг      | Ф.; сварка конич.           | фланец          | фланец         | все              | без Ф<br>Ф     | все                  | накладн., фланцев. |            |  |
|                            | Перепад давления: большой/малый | Б<br>М                   | Б                         | М                            | Б                 | М                           | М               | М              | М                | М              | М                    | М                  |            |  |
|                            | Прямолинейный участок           | м                        | зависит от МС и d большой | нет                          | до 10 D после 5 D | зависит от скорости до 20 D | <10 D           | нет            | нет              | —              | большой              | >10 $D_N$          |            |  |
| Окружающая среда           | Температура                     | °С                       | зависит от измерителя Ар  | зависит от измерителя уровня | 0–40              | –40–80                      | –50–50          | –30–80         | –40–60           | –30–80         | –40–60               | –20–60             |            |  |
|                            | Относительная влажность         | %                        |                           |                              | 98                | 98                          | 98              | 98             | 98               | 98             | 98                   | 98                 | 98         |  |
| Корпус                     | Исполнение                      | IPXX                     |                           |                              | IP65              | IP67                        | IP65            | IP67           | IP67             | IP66           | IP67                 | IP67               |            |  |
|                            | Взрывозащита                    | ATEX EEX                 |                           |                              | да                | да                          | да              | да             | да               | да             | да                   | да                 | да         |  |
| Электрические данные       | Электр. питание, $U_n$          | В                        |                           |                              | 12–36             | 12–36                       | =24             | =24            | ~220             | =24            | =12; ~24<br>~220     | =24                | =24        |  |
|                            | Выходной сигнал                 | аналог., цифров.         | аналог                    | аналог HART                  | импульс           | импульс                     | аналог импульс  | аналог импульс | аналог импульс   | аналог импульс | аналог импульс       |                    |            |  |
|                            | Гальван. изоляция               | да/нет                   | нет                       | да                           | нет               | нет                         | да              | нет            | да               | нет            | да                   |                    |            |  |

Таблица 18.17.Т14

**Объемные электрические сопротивление и проводимость,  
диэлектрическая проницаемость жидкостей**

| Наименование жидкости                                             | Удельное объемное электрическое       |                                           | Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_r$ |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                                   | сопротивление, Ом·м                   | проводимость, См/м                        |                                             |
| Азотометилловый эфир                                              | $2 \cdot 10^3$                        | $0,5 \cdot 10^{-3}$                       |                                             |
| Аллиловый спирт                                                   |                                       |                                           | 21,6                                        |
| Амилацетат (техн.)                                                | $5,6 \cdot 10^6$                      | $0,18 \cdot 10^{-6}$                      |                                             |
| Амиловый спирт «ч»                                                | $(1,0-3,0) \cdot 10^5$                | $(1,0-0,3)10^{-5}$                        |                                             |
| Аммиак жидкий                                                     | $8,0 \cdot 10^4$                      | $1,25 \cdot 10^{-5}$                      |                                             |
| Анилин (техн.)                                                    | $4,2 \cdot 10^5$ (25 °С)              | $0,24 \cdot 10^{-5}$ (25 °С)              | 6,89                                        |
| Ацетальдегид                                                      | $5,9 \cdot 10^3$ (15 °С)              | $0,17 \cdot 10^{-3}$ (15 °С)              | 21,1                                        |
| Ацетон (техн.)                                                    | $1,5 \cdot 10^3$                      | $0,67 \cdot 10^{-3}$                      | 20,7                                        |
| Бензины                                                           |                                       |                                           |                                             |
| А-66                                                              | $(1,7-2,4) \cdot 10^{11}$             | $(0,59-0,42) \cdot 10^{-11}$              |                                             |
| А-72                                                              | $3,1 \cdot 10^9-2,0 \cdot 10^{11}$    | $0,3 \cdot 10^{-9}-0,5 \cdot 10^{-11}$    |                                             |
| А-76                                                              | $9,5 \cdot 10^9-2,0 \cdot 10^{11}$    | $0,1 \cdot 10^{-9}-0,5 \cdot 10^{-11}$    |                                             |
| Б-70                                                              | $(1,4-5,0) \cdot 10^{11}$             | $(0,7-0,2) \cdot 10^{-11}$                |                                             |
| Б-91/115                                                          | $4,0 \cdot 10^9-8,7 \cdot 10^{10}$    | $0,25 \cdot 10^{-9}-0,11 \cdot 10^{-10}$  |                                             |
| Б-95/130                                                          | $5,1 \cdot 10^9-7,2 \cdot 10^{10}$    | $0,2 \cdot 10^{-9}-0,14 \cdot 10^{-10}$   |                                             |
| Бензин-растворитель для резиновой промышленности (БР-1, «Калоша») | $10^{10}-10^{12}$                     | $10^{-10}-10^{-12}$                       |                                             |
| Бензин-растворитель для лакокрасочных материалов (уайт-спирит)    | $1,0 \cdot 10^{10}-1,6 \cdot 10^{12}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}-0,6 \cdot 10^{-13}$   |                                             |
| Бензиловый эфир бензойной кислоты                                 |                                       |                                           | 4,9                                         |
| Бензиловый спирт                                                  |                                       |                                           | 13,1                                        |
| Бензол каменноугольный                                            | $2,3 \cdot 10^{10}-8,0 \cdot 10^{11}$ | $0,4 \cdot 10^{-10}-0,125 \cdot 10^{-11}$ |                                             |
| Бензол                                                            |                                       |                                           | 2,284                                       |
| Бензонитрил                                                       | $2,0 \cdot 10^5$                      | $0,5 \cdot 10^{-5}$                       | 25,2                                        |
| Бромистый этил (техн.)                                            | $2,5 \cdot 10^3$                      | $0,4 \cdot 10^{-3}$                       | 9,39                                        |
| Бутандиол (1,4-Диоксибутан) «ч»                                   | $5,0 \cdot 10^5$                      | $0,2 \cdot 10^{-5}$                       |                                             |
| Бутилацетат (техн.)                                               | $1,4 \cdot 10^6-1,0 \cdot 10^7$       | $0,7 \cdot 10^{-6}-1,0 \cdot 10^{-7}$     | 10,0-15,0                                   |
| Бутиловый эфир уксусной кислоты                                   |                                       |                                           | 5,01                                        |
| 1-бутантиол                                                       |                                       |                                           | 4,95                                        |
| трет-Бутиловый спирт «чда»                                        | $(0,88-1,0) \cdot 10^5$ (24 °С)       | $(1,14-1,0)10^{-5}$ (24 °С)               |                                             |
| Газойль                                                           | $5,9 \cdot 10^9$                      | $0,17 \cdot 10^{-9}$                      |                                             |
| Гексан (техн.)                                                    | $(1,5-9,5) \cdot 10^{11}$             | $(0,67-0,1)10^{-11}$                      | 10,0-15,0                                   |
| Гидротормозная жидкость (ГТЖ)                                     | $(1,7-2,0) \cdot 10^5$                | $(0,6-0,5)10^{-5}$                        | > 20,0                                      |
| Глицерин дистиллированный                                         | $1,5 \cdot 10^5$                      | $0,67 \cdot 10^{-5}$                      | 42,5                                        |
| Горчичное масло (техн.)                                           | $4,3 \cdot 10^8$                      | $0,23 \cdot 10^{-8}$                      |                                             |
| (рафинированное)                                                  | $1,0 \cdot 10^{12}$                   | $1,0 \cdot 10^{-12}$                      |                                             |
| Дибутиловый эфир                                                  | $(1,5-6,4) \cdot 10^9$                | $(0,67-0,16)10^{-9}$                      |                                             |

Продолжение таблицы 18.17.Т14

| Наименование вещества              | Удельное объемное электрическое                                                  |                                                                                           | Диэлектрическая проницаемость, Ф/м |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                    | сопротивление, Ом·м                                                              | проводимость, См/м                                                                        |                                    |
| Дизельное топливо                  | $(1,8-8,3) \cdot 10^{10}$                                                        | $(0,56-0,12) 10^{-10}$                                                                    | < 1,8                              |
| Дихлорэтан                         | $3,5 \cdot 10^5 (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                     | $0,29 \cdot 10^{-5} (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                          | 10,0-15,0                          |
| Дихлорэтилен (ацетилдихлорид) «ч»  | $(0,7-2,1) \cdot 10^6 (24 \text{ }^\circ\text{C})$                               | $(1,4-0,5) 10^{-6} (24 \text{ }^\circ\text{C})$                                           |                                    |
| Диэтиламин                         | $3,0 \cdot 10^6-1,5 \cdot 10^7$<br>$3,0 \cdot 10^6 (-25 \text{ }^\circ\text{C})$ | $0,33 \cdot 10^{-6}-0,67 \cdot 10^7$<br>$0,33 \cdot 10^{-6} (-25 \text{ }^\circ\text{C})$ | 3,6                                |
| Диэтилбензол (техн.)               | $2,5 \cdot 10^{11}-1,5 \cdot 10^{12}$                                            | $0,4 \cdot 10^{-11}-0,67 \cdot 10^{-12}$                                                  |                                    |
| Диэтиленгликоль                    | $5,0 \cdot 10^4-8,2 \cdot 10^5$                                                  | $0,2 \cdot 10^{-4}-0,12 \cdot 10^{-5}$                                                    |                                    |
| 1,1-Дихлорэтан                     |                                                                                  |                                                                                           | 10                                 |
| Изобутиловый спирт «ч»             | $(1,3-2,5) \cdot 10^5 (24 \text{ }^\circ\text{C})$                               | $(0,76-0,4) 10^5 (24 \text{ }^\circ\text{C})$                                             | 17,7                               |
| Изопропиловый спирт (техн.)        | $3,0 \cdot 10^3-8,7 \cdot 10^5$                                                  | $0,33 \cdot 10^{-3}-0,15 \cdot 10^{-5}$                                                   | 18,3                               |
| Йодистый метил                     | $10^6$                                                                           | $10^{-6}$                                                                                 | 7                                  |
| Касторовое масло                   | $4,0 \cdot 10^8-7,0 \cdot 10^9$                                                  | $0,25 \cdot 10^{-8}-0,14 \cdot 10^{-9}$                                                   |                                    |
| Керосин осветительный              | $8,0 \cdot 10^{10}-1,7 \cdot 10^{11}$                                            | $0,12 \cdot 10^{-10}-0,6 \cdot 10^{-11}$                                                  | 1,8-4,0                            |
| Конденсаторное масло               | $10^{12}$                                                                        | $10^{-12}$                                                                                |                                    |
| m-Крезол                           | $1,45 \cdot 10^4-5,8 \cdot 10^5$                                                 | $0,69 \cdot 10^{-4}-0,17 \cdot 10^{-3}$                                                   | 11,8                               |
| para-Ксилол (специально очищенный) | $2,5 \cdot 10^{12}-6,7 \cdot 10^{14}$                                            | $0,2 \cdot 10^{-12}-0,15 \cdot 10^{-14}$                                                  |                                    |
| Льняное масло                      | $2,0 \cdot 10^8$                                                                 | $0,5 \cdot 10^{-8}$                                                                       |                                    |
| 1-а-Пинен                          |                                                                                  |                                                                                           | 2,76                               |
| Масляная кислота «ч»               | $1,2 \cdot 10^8 (20 \text{ }^\circ\text{C})$                                     | $0,8 \cdot 10^{-8} (20 \text{ }^\circ\text{C})$                                           | 2,97                               |
| Метилаль «ч»                       | Менее $10^4 (30 \text{ }^\circ\text{C})$                                         | Более $10^{-4} (30 \text{ }^\circ\text{C})$                                               | 2,7                                |
| Метиламин                          | $10^4$                                                                           | $10^{-4}$                                                                                 | 10,0-15,0                          |
| Метиламиноловый спирт              |                                                                                  |                                                                                           | 13,3                               |
| Метиловый спирт (метанол) «хч»     | $6,2 \cdot 10^4 (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                     | $0,16 \cdot 10^{-4} (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                          |                                    |
| Метиловый эфир уксусной кислоты    |                                                                                  |                                                                                           | 6,68                               |
| Монометакрилат этиленгликоля       | $(5,0-5,6) \cdot 10^4$                                                           | $0,2 \cdot 10^{-4}$                                                                       |                                    |
| Монометиловый эфир этиленгликоля   |                                                                                  |                                                                                           | 16                                 |
| Муравьиная кислота                 | $0,5 \cdot 10^3$                                                                 | $2 \cdot 10^{-3}$                                                                         | 58,5                               |
| Нефть сырая                        | $10^4-10^8$                                                                      | $10^{-4}$                                                                                 | 2,2                                |
| Нитрил акриловой кислоты           | Менее $10^3$                                                                     | Более $10^{-3}$                                                                           |                                    |
| Нитробензол «ч»                    | $5,0 \cdot 10^5 (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                     | $0,2 \cdot 10^{-5} (25 \text{ }^\circ\text{C})$                                           | 34,82                              |
| Нитрометан                         | $2,5 \cdot 10^5$                                                                 | $0,4 \cdot 10^{-5}$                                                                       | 35,87                              |
| n-Октиловый спирт                  |                                                                                  |                                                                                           | 10,34                              |
| n-Крезол                           |                                                                                  |                                                                                           | 9,91                               |
| n-Ксилол                           |                                                                                  |                                                                                           | 2,27                               |
| Октан                              | $1,9 \cdot 10^{11}-1,5 \cdot 10^{14}$                                            | $0,53 \cdot 10^{-11}-1,7 \cdot 10^{-14}$                                                  | 1,8-4,0                            |
| Октиловый спирт (техн.)            | $(2,7-8,0) \cdot 10^6$                                                           | $(0,37-0,16) 10^{-6}$                                                                     |                                    |
| Олеиновая кислота                  | $10^{12}$                                                                        | $10^{-12}$                                                                                | 2,46; 1,8-4,0                      |
| Олифа натуральная                  | $1,2 \cdot 10^8$                                                                 | $0,83 \cdot 10^{-8}$                                                                      |                                    |

Продолжение таблицы 18.17.Т14

| Наименование жидкости                              | Удельное объемное электрическое сопротивление, См |                                            | Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_r$ |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                    | См                                                | См                                         |                                             |
| o-Толуидин                                         |                                                   |                                            | 6,34                                        |
| o-Хлоранилин                                       |                                                   |                                            | 13,4                                        |
| Пентан                                             | $10^{11}$                                         | $10^{11}$                                  |                                             |
| Пинен                                              | $10^{11}$                                         | $10^{11}$                                  |                                             |
| Пиридин                                            | $1,9 \cdot 10^5$ (18 °С)                          | $0,53 \cdot 10^{-5}$ (18 °С)               | 12,3                                        |
| Подсолнечное масло                                 | $3,1 \cdot 10^8 - 8,0 \cdot 10^{11}$              | $0,32 \cdot 10^{-8} - 0,16 \cdot 10^{-11}$ |                                             |
| Полиглицерин                                       | $1,26 \cdot 10^5$                                 | $0,8 \cdot 10^{-5}$                        |                                             |
| Полиорганосилоксановые жидкие диэлектрики ПЭС-Д    | $2,57 \cdot 10^{11}$                              | $0,39 \cdot 10^{-11}$                      |                                             |
| ПМС-10Д                                            | $1,0 \cdot 10^{12}$                               | $1,0 \cdot 10^{-13}$                       |                                             |
| ВПСД                                               | $(0,5 - 1,0) \cdot 10^{10}$                       | $(2,0 - 1,0) 10^{-10}$                     |                                             |
| Приборное масло                                    | $4,9 \cdot 10^8$                                  | $0,2 \cdot 10^{-8}$                        |                                             |
| Пропиленгликоль                                    | $1,9 \cdot 10^5$                                  | $0,53 \cdot 10^{-5}$                       | 32                                          |
| Пропиловый спирт                                   | $5,0 \cdot 10^5$ (25 °С)                          | $0,2 \cdot 10^{-5}$ (25 °С)                |                                             |
| Пропионовая кислота                                | $(0,5 - 3,0) \cdot 10^7$ (20 °С)                  | $(2,0 - 0,33) 10^7$ (20 °С)                | 3,44                                        |
| Сероуглерод (техн.)                                | $10^8 - 10^{10}$                                  | $10^{-8} - 10^{-20}$                       | 2,641                                       |
| Сиккатив 63/64                                     | $(0,04 - 2,0) \cdot 10^7$                         | $(25 - 0,5) \cdot 10^{-7}$                 |                                             |
| Скипидар                                           | $10^7 - 10^8$                                     | $10^{-7} - 10^{-8}$                        | 2,2                                         |
| Соевое масло                                       | $1,8 \cdot 10^9$                                  | $0,56 \cdot 10^{-9}$                       |                                             |
| Сольвент нефтяной для лакокрасочной промышленности | $1,08 \cdot 10^9 - 1,0 \cdot 10^{11}$             | $0,99 \cdot 10^{-9} - 1,0 \cdot 10^{-11}$  |                                             |
| Стирол                                             | $(2,3 - 2,9) \cdot 10^{10}$                       | $(0,43 - 0,34) 10^{10}$                    |                                             |
| Толуидин (техн.)                                   | $10^4 - 10^6$                                     | $10^{-4} - 10^{-6}$                        | 1,8-4,0                                     |
| Толуол                                             | $1,2 \cdot 10^9 - 2,9 \cdot 10^{11}$              | $0,83 \cdot 10^{-9} - 0,34 \cdot 10^{-11}$ | 2,379                                       |
| Топлива углеводородные для реактивных двигателей:  |                                                   |                                            |                                             |
| Т-1 (очищенное прямой перегонкой)                  | $1,6 \cdot 10^{11} - 1,0 \cdot 10^{12}$           | $0,6 \cdot 10^{-11} - 1,0 \cdot 10^{-12}$  |                                             |
| Т-1                                                | $(1,7 - 7,0) \cdot 10^{10}$                       | $(0,59 - 0,14) 10^{10}$                    |                                             |
| ТС-1 (очищенное прямой перегонкой)                 | $(1 - 6) \cdot 10^{11}$                           | $0,17 \cdot 10^{-11}$                      |                                             |
| Т-5 (сернокислотная очистка)                       | $1,5 \cdot 10^{12}$                               | $0,67 \cdot 10^{-12}$                      |                                             |
| Т-6 (гидрирование)                                 | $1,0 \cdot 10^{13}$                               | $1,0 \cdot 10^{-13}$                       |                                             |
| Т-7 (гидроочистка)                                 | $3,0 \cdot 10^{11} - 1,4 \cdot 10^{12}$           | $0,33 \cdot 10^{-11} - 0,7 \cdot 10^{-12}$ |                                             |
| Т-8 (гидроочистка)                                 | $2,5 \cdot 10^{12} - 2,8 \cdot 10^{13}$           | $0,2 \cdot 10^{-12} - 0,36 \cdot 10^{-13}$ |                                             |
| Трансформаторное масло                             | $(1,0 - 8,6) \cdot 10^{10}$                       | $(0,1 - 0,12) 10^{-10}$                    |                                             |
| Трихлорэтилен                                      | $3,0 \cdot 10^8 - 1,5 \cdot 10^9$                 | $0,3 \cdot 10^{-8} - 0,67 \cdot 10^{-9}$   | 3,42                                        |
| Триэтиламин                                        | $2,5 \cdot 10^7 - 8,7 \cdot 10^9$                 | $0,2 \cdot 10^{-7} - 0,12 \cdot 10^{-9}$   | 2,42                                        |
| Триэтиленгликоль (техн.)                           | $7,5 \cdot 10^4 - 8,4 \cdot 10^4$                 | $0,13 \cdot 10^{-4} - 0,13 \cdot 10^{-4}$  |                                             |
| Турбинное масло                                    | $5,5 \cdot 10^{11}$                               | $0,18 \cdot 10^{-11}$                      |                                             |

Окончание таблицы 18.17.Т14

| Наименование жидкости             | Удельное объемное электрическое         |                                            | Диэлектрическая проницаемость, Ф/м |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
|                                   | сопротивление, Ом·м                     | проводимость, См/м                         |                                    |
| Уайт-спирит                       | $1,0 \cdot 10^{10} - 1,6 \cdot 10^{12}$ | $1,0 \cdot 10^{-10} - 0,63 \cdot 10^{-12}$ |                                    |
| Уксусная кислота                  | $10^6 - 10^7$                           | $10^{-6} - 10^{-7}$                        | 6,15                               |
| Уксусный альдегид (ацетальдегид)  | $5,9 \cdot 10^3$ (15 °С)                | $0,17 \cdot 10^{-3}$ (15 °С)               | 20,7                               |
| Фенол каменноугольный жидкий      | $5,9 \cdot 10^5$ (25 °С)                |                                            | 9,78                               |
| Формамид                          | $2,5 \cdot 10^3$                        | $0,2 \cdot 10^{-7}$                        | 109,5                              |
| Фурфурол                          | $6,6 \cdot 10^3$ (25 °С)                | $0,15 \cdot 10^{-3}$ (25 °С)               |                                    |
| Хлоранилин (технический)          | $10^4 - 10^5$                           | $10^{-4} - 10^{-5}$                        |                                    |
| Хлорбензол                        | $1,0 \cdot 10^7 - 5,0 \cdot 10^8$       | $1,0 \cdot 10^{-7} - 0,2 \cdot 10^{-8}$    | 5,621                              |
| Хлороформ                         | $5,0 \cdot 10^5$                        | $0,2 \cdot 10^{-5}$                        | 4,806                              |
| Циклогексан технический           | $5,0 \cdot 10^{11} - 4,5 \cdot 10^{12}$ | $0,2 \cdot 10^{-11} - 0,22 \cdot 10^{-12}$ | < 1,8                              |
| Циклогексанол (техн.)             | $10^4 - 10^6$                           | $10^{-4} - 10^{-6}$                        | 15                                 |
| Циклогексанон (техн.)             | $1,24 \cdot 10^5$                       | $0,8 \cdot 10^{-5}$                        | 18,3                               |
| <i>цис</i> -1,2-Дихлорэтилен      |                                         |                                            | 9,2                                |
| Четыреххлористый углерод          | $10^{12} - 10^{14}$                     | $10^{-12} - 10^{-14}$                      | 1,8-4,0                            |
| Эпихлоргидрин                     |                                         |                                            | 22,6                               |
| Этилацетат (техн.)                | $9,25 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^6$      | $0,1 \cdot 10^{-4} - 0,27 \cdot 10^{-6}$   |                                    |
| Этилбензол                        | $5,0 \cdot 10^{10} - 2,2 \cdot 10^{11}$ | $0,2 \cdot 10^{-10} - 0,48 \cdot 10^{-11}$ | 2,412                              |
| Этиленгликоль                     | $(3,3 - 5,9) \cdot 10^4$                | $(0,3 - 0,17) 10^{-4}$                     | 37,7                               |
| Этиловый спирт (этанол)           | $7,7 \cdot 10^6$ (25 °С)                | $0,13 \cdot 10^{-6}$ (25 °С)               | 24,3                               |
| Этиловый эфир (осушенный)         | $(0,2 - 4,5) \cdot 10^9$                | $(5 - 0,22) 10^{-9}$                       |                                    |
| Этиловый эфир бензойной кислоты   | $2,8 \cdot 10^6$                        | $0,36 \cdot 10^{-6}$                       | 6,02                               |
| Этиловый эфир пропионовой кислоты |                                         |                                            | 5,65                               |

Таблица 18.18.Т1

Группы элементов уровнемеров, контактирующих с измеряемой средой

| Наименование элемента   | Формы элементов для измерения |       |      |          |           |
|-------------------------|-------------------------------|-------|------|----------|-----------|
|                         | Центр                         | Конт. | Углы | Поплавки | Пластинки |
| Антенна                 | +                             |       |      |          |           |
| Бук                     |                               | +     |      | +        |           |
| Зонд                    | +                             | +     | +    |          |           |
| Коаксиал                | +                             |       | +    |          |           |
| Отвес                   |                               |       | +    |          |           |
| Поплавок                |                               |       |      | +        |           |
| Пластина                |                               | +     |      | +        |           |
| Стержень                | +                             |       | +    |          | +         |
| Трос, лента, нить, цепь | +                             |       | +    |          | +         |
| Щуп                     |                               | +     |      | +        |           |
| Электрод                | +                             |       |      |          | +         |

Таблица 18.18.Т2

## Классификация уровнемеров

| Физическая величина измерения                  | Измерительный элемент                                | Способ измерения                   | Первичный измерительный преобразователь |         |                      |         | Разделы сред |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|---------|----------------------|---------|--------------|
|                                                |                                                      |                                    | Датчик-реле                             |         | Датчик измерительный |         |              |
|                                                |                                                      |                                    | жидкость                                | сыпучие | жидкость             | сыпучие |              |
| <b>Контактный метод измерения</b>              |                                                      |                                    |                                         |         |                      |         |              |
| Длина                                          | Ручной метршток                                      | Ручной Механический                | +                                       | +       | +                    | +       |              |
|                                                | Рулетка металлическая                                | Ручной Механический                |                                         |         | +                    | +       |              |
|                                                | Водомерное стекло                                    | Гидравлический<br>Визуальный       | +                                       |         | +                    |         |              |
|                                                |                                                      | Поплавковый                        |                                         |         |                      |         |              |
|                                                | Поплавок                                             | Поворотный выключатель             | +                                       | (+)     |                      |         |              |
|                                                | Поплавок                                             | Поплавок на гибком отвесе          |                                         |         | +                    |         |              |
|                                                | Поплавок                                             | Поплавок на отвесе с сервоприводом |                                         |         | +                    | +       | +            |
|                                                | Зонд с поплавком                                     | С магнитным указателем             |                                         |         | +                    |         |              |
|                                                | Зонд с поплавком                                     | С магнитными флажками              |                                         |         | +                    |         |              |
|                                                | Зонд с поплавком                                     | С герконовыми элементами           | +                                       |         | +                    |         |              |
|                                                | Зонд с поплавком                                     | Магнитострикционный                | +                                       |         | +                    |         | +            |
| Волноводная антенна (стержень, трос, коаксиал) | Рефлектометрический по диэлектрической проницаемости | +                                  |                                         | +       |                      | +       |              |
| Электричество                                  | Электрод                                             | Кондуктометрический                | +                                       |         | +                    |         |              |
|                                                | Электрод                                             | Емкостной                          | +                                       |         | +                    |         |              |
|                                                | Электрод                                             | Измерение электрического поля      | +                                       |         | +                    |         |              |
| Механич. движение (сила)                       |                                                      | Вибрационный                       | +                                       | +       |                      |         |              |
|                                                | Механический элемент                                 | С вращающимся элементом            | +                                       | +       |                      |         |              |
| Теплота                                        | Термометр                                            | Термоанемометрический              | +                                       |         | +                    |         | +            |
| <b>Бесконтактный метод измерения</b>           |                                                      |                                    |                                         |         |                      |         |              |
| Время                                          | Антенна                                              | Ультразвуковой                     | +                                       | +       | +                    | +       |              |
|                                                | Антенна                                              | Радарный                           | +                                       | +       | +                    | +       |              |
|                                                | Антенна                                              | Лазерный                           | +                                       | +       | +                    | +       |              |
| Вес                                            | Весы                                                 | Весовой (динамометр)               | (+)                                     | (+)     | +                    | +       |              |
| Давление                                       | Манометр                                             | Гидростатический                   | (+)                                     |         | +                    |         |              |
|                                                | Манометр                                             | Барботажный пневматический         | (+)                                     |         | +                    |         |              |

Таблица 18.18.Т3

## Опросный лист для заказа датчика уровня и/или раздела фаз (ненужное зачеркнуть)

Заказчик  
(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо  
Должность, ФИО

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения

 коммерчес-  
ский учет технологи-  
ческий учет

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование) Верхняя

Нижняя

 жидкость под атмосферным  
давлением жидкость под избыточным давлением сыпучий материал опасная среда (вещество)\* неопасная среда (вещество)

| Параметр                                    | Минимум                        | Номинал | Максимум                          | Единица измерения                           |                                                          |                                       |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура                                 |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> °С                 |                                                          |                                       |
| Давление избыточное                         |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> кПа                | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup>             | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|                                             |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> бар                | <input type="checkbox"/> атм                             | <input type="checkbox"/> другая _____ |
| Расход                                      |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с  | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч               | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                                             |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> л/с                | <input type="checkbox"/> л/ч                             |                                       |
| Плотность верхнего слоя                     |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>               |                                       |
|                                             |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> кгс/л              | <input type="checkbox"/> другая _____                    |                                       |
| Плотность нижнего слоя                      |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>               |                                       |
|                                             |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> кгс/л              | <input type="checkbox"/> другая _____                    |                                       |
| Вязкость динамическая верхнего слоя         |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> Па·с               | <input type="checkbox"/> другая _____                    |                                       |
| Электропроводность верхнего слоя            |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> мкСм/см            | <input type="checkbox"/> другая <small>(указать)</small> |                                       |
| Электропроводность нижнего слоя             |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> мкСм/см            | <input type="checkbox"/> другая <small>(указать)</small> |                                       |
| Диэлектрическая проницаемость верхнего слоя |                                |         | <input type="checkbox"/> 9,0–12,0 | <input type="checkbox"/> 12,0–20,0          | <input type="checkbox"/> 20,0–40,0                       | <input type="checkbox"/> >40,0        |
| Диэлектрическая проницаемость нижнего слоя  |                                |         | <input type="checkbox"/> 1,6–2,0  | <input type="checkbox"/> 2,0–3,0            | <input type="checkbox"/> 3,0–10,0                        | <input type="checkbox"/> >10,0        |
| Агрессивность среды                         |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> не агрес-<br>сивна | <input type="checkbox"/> слабо агрес-<br>сивна           | <input type="checkbox"/> агрессивна   |
| Скорость изменения уровня в емкости         |                                |         |                                   |                                             | <input type="checkbox"/> мм/мин                          | <input type="checkbox"/> мм/час       |
| Турбулентность                              |                                |         |                                   | <input type="checkbox"/> нет                | <input type="checkbox"/> слабая                          | <input type="checkbox"/> сильная      |
| Колебание уровня, мм                        | _____ <small>(указать)</small> |         |                                   |                                             |                                                          |                                       |

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

– взрывоопасные;

– поддерживающие горение;

– едкие и коррозионные;

– легковоспламеняемые;

– ядовитые, очень ядовитые;

– прочие опасные вещества.

Окончание табл. 18.18.Т3

|                                                                                                          |                                                    |                                               |                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Наличие пены                                                                                             | <input type="checkbox"/> нет                       | <input type="checkbox"/> периодически         | <input type="checkbox"/> постоянно                       |
| Толщина пены, мм _____<br><small>(указать)</small>                                                       |                                                    |                                               |                                                          |
| Абразивные включения                                                                                     | <input type="checkbox"/> да                        | <input type="checkbox"/> нет                  |                                                          |
| Газовая фаза в жидкости                                                                                  | <input type="checkbox"/> да % _____                | <input type="checkbox"/> нет                  |                                                          |
| Смесь паров над поверхностью<br>измеряемой жидкости                                                      | <input type="checkbox"/> инертный газ              | <input type="checkbox"/> пыль                 | <input type="checkbox"/> водяной пар                     |
|                                                                                                          |                                                    | <input type="checkbox"/> конденсат            | <input type="checkbox"/> легкий пар среды                |
| Окружающая среда                                                                                         | <input type="checkbox"/> условно-чистая            | <input type="checkbox"/> промышленная         | <input type="checkbox"/> морская                         |
|                                                                                                          |                                                    |                                               | <input type="checkbox"/> приморско-промышленная          |
| Газ                                                                                                      | <input type="checkbox"/> В-1 класс 0               | <input type="checkbox"/> В-1а класс 1         | <input type="checkbox"/> В-1б класс 2                    |
| Пыль                                                                                                     | <input type="checkbox"/> класс 20                  | <input type="checkbox"/> В-II класс 21        | <input type="checkbox"/> В-IIа класс 22                  |
| Температура, °С _____                                                                                    | Давление, кПа _____                                | Относительная влажность, %/°С _____           |                                                          |
| Конструктивные особенности                                                                               | <input type="checkbox"/> открытая                  | <input type="checkbox"/> закрытая             | <input type="checkbox"/> вентилируемая                   |
| Емкость                                                                                                  |                                                    |                                               |                                                          |
| Наличие понтона                                                                                          | <input type="checkbox"/> нет                       | <input type="checkbox"/> да                   |                                                          |
| Монтаж датчика                                                                                           | <input type="checkbox"/> без ограничений           | <input type="checkbox"/> сверху               | <input type="checkbox"/> сбоку                           |
|                                                                                                          |                                                    |                                               | <input type="checkbox"/> снизу (со дна)                  |
|                                                                                                          |                                                    | <input type="checkbox"/> через окно           | <input type="checkbox"/> нет                             |
| Материал окна _____<br><small>(указать)</small>                                                          | Толщина окна, мм _____<br><small>(указать)</small> |                                               |                                                          |
| Внутреннее оборудование                                                                                  | <input type="checkbox"/> нет                       | <input type="checkbox"/> перегородка          | <input type="checkbox"/> мешалка                         |
|                                                                                                          |                                                    |                                               | <input type="checkbox"/> теплообменник                   |
|                                                                                                          |                                                    | <input type="checkbox"/> направляющая труба   | <input type="checkbox"/> другой <small>(указать)</small> |
| Направляющая труба                                                                                       | Материал _____<br><small>(указать)</small>         | Диаметр, мм _____<br><small>(указать)</small> |                                                          |
| Технологическая часть согласована: _____<br><small>(должность, фамилия, подпись)</small>                 |                                                    |                                               |                                                          |
| Электрические данные                                                                                     | <input type="checkbox"/> =15-36                    | <input type="checkbox"/> =50                  | <input type="checkbox"/> ~220                            |
| Электропитание, В                                                                                        |                                                    |                                               |                                                          |
| Выходной сигнал                                                                                          | <input type="checkbox"/> 4-20 мА                   | <input type="checkbox"/> HART                 | <input type="checkbox"/> PROFIBUS                        |
|                                                                                                          |                                                    |                                               | <input type="checkbox"/> другой _____                    |
| Вид защиты IP                                                                                            | <input type="checkbox"/> общепромышленный          | <input type="checkbox"/> Ex (ia)              | <input type="checkbox"/> Exd                             |
|                                                                                                          |                                                    |                                               | <input type="checkbox"/> другой _____                    |
| Индикатор                                                                                                | <input type="checkbox"/> да                        | <input type="checkbox"/> нет                  |                                                          |
| Кабельный ввод                                                                                           | <input type="checkbox"/> да                        | <input type="checkbox"/> нет                  |                                                          |
| Электромонтажная часть согласована: _____<br><small>(должность, фамилия, подпись)</small>                |                                                    |                                               |                                                          |
| Часть АСУТП согласована: _____<br><small>(должность, фамилия, подпись)</small>                           |                                                    |                                               |                                                          |
| Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: _____<br><small>(должность, фамилия)</small> |                                                    |                                               |                                                          |
| Телефон _____                                                                                            | Факс _____                                         |                                               |                                                          |
| E-mail _____                                                                                             |                                                    |                                               |                                                          |

Таблица 18.19.Т1

### Опросный лист для заказа стационарных газоаналитических приборов промышленной безопасности и технологических анализаторов

**Заказчик**

(предприятие, фирма) \_\_\_\_\_

Адрес почтовый \_\_\_\_\_

Контактное лицо \_\_\_\_\_

Должность, ФИО \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

**Цель измерения**

экологический мониторинг

технологический  
контроль

Место установки \_\_\_\_\_

#### Общая конфигурация структуры газоаналитического контроля

Общее количество точек отбора пробы (точек контроля)

шт.

Общее количество блоков питания и сигнализации или технологических газоанализаторов

шт.

Общее количество оборудования определяется по таблицам «Блок датчика», «Блок газоанализатора, блок питания и сигнализации», количество установок пробоподготовки определяется по соответствующей таблице. Указанные таблицы являются неотъемлемой частью опросного листа.

Необходимость пусконаладочных работ

 да нет*Приложение.*

1. Структурная схема газоаналитического контроля или установки технологических газоанализаторов.

Технологическая часть согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

Часть АСУТП согласована: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: \_\_\_\_\_







Таблица 18.19.Т2

## Опросный лист для заказа плотномера и вискозиметра

Заказчик  
(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо  
Должность, ФИО

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения

 коммерческие операции технологические операции

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование)

 жидкость газ сухой газ влажный опасная среда (вещество)\* неопасная среда (вещество)

| Параметр              | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                           |                                              |                                       |
|-----------------------|---------|---------|----------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура           |         |         |          | <input type="checkbox"/> °С                 |                                              |                                       |
| Давление              |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа                | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар                | <input type="checkbox"/> атм                 | <input type="checkbox"/> другая _____ |
| Расход объемный       |         |         |          | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с  | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч   | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> л/с                | <input type="checkbox"/> л/ч                 |                                       |
| Расход массовый       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кг/с               | <input type="checkbox"/> кг/ч                | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                       |         |         |          |                                             | <input type="checkbox"/> т/ч                 |                                       |
| Плотность             |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>   |                                       |
|                       |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л              | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Вязкость динамическая |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с               | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Электропроводность    |         |         |          | <input type="checkbox"/> мкСм/см            | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |

Абразивные включения

 да нет

Газовая фаза в жидкости

 да % \_\_\_\_\_ нет

Допустимое падение давления на устройстве

 кПа кгс/см<sup>2</sup> атм

Допустимая погрешность, %

Окружающая среда

 условно-чистая промышленная морская приморско-промышленная

Газ

 В-1 класс 0 В-1а класс 1 В-1б класс 2 В-1г класс 2

Пыль

 класс 20 В-П класс 21 В-Па класс 22

Температура, °С \_\_\_\_\_

Давление, кПа \_\_\_\_\_

Относительная влажность, %/°С \_\_\_\_\_

Технологическая часть согласовано: \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, подпись)

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

– взрывоопасные;  
– легковоспламеняемые;

– поддерживающие горение;  
– ядовитые, очень ядовитые;

– едкие и коррозионные;  
– прочие опасные вещества.

Окончание табл. 18.19.Т2

|                                                                                           |                                                                         |                                                  |                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Измерительная линия. Трубопровод                                                          | <input type="checkbox"/> горизонтальный                                 | <input type="checkbox"/> вертикальный            | <input type="checkbox"/> наклонный                                         |
| Материал                                                                                  | D – диаметр трубы, мм                                                   |                                                  |                                                                            |
| Толщина стенки, мм                                                                        | Толщина изоляционного поля, мм                                          |                                                  |                                                                            |
| Шероховатость                                                                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Прямые участки, D                                                                         | до устройства                                                           | после устройства                                 |                                                                            |
| Тип соединения                                                                            | <input type="checkbox"/> фланцевое                                      | <input type="checkbox"/> резьба                  | <input type="checkbox"/> приварка <input type="checkbox"/> другой _____    |
| Конструкторско-технологическая часть согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)  |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Конструктивные особенности преобразователя                                                | <input type="checkbox"/> компактный <input type="checkbox"/> раздельный |                                                  |                                                                            |
| Измерительный преобразователь                                                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Установка                                                                                 | <input type="checkbox"/> на стену IP 67                                 | <input type="checkbox"/> на лицевую панель IP 65 | <input type="checkbox"/> на внутреннюю панель IP 20                        |
| Расстояние между сенсором и измерительным преобразователем, м                             |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Часть АСУТП согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)                           |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Электрические данные                                                                      | <input type="checkbox"/> =15–36                                         | <input type="checkbox"/> =50                     | <input type="checkbox"/> ~220                                              |
| Электропитание, В                                                                         |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Выходной сигнал                                                                           | <input type="checkbox"/> 4–20 мА                                        | <input type="checkbox"/> HART                    | <input type="checkbox"/> PROFIBUS DP <input type="checkbox"/> другой _____ |
| Вид защиты IP                                                                             | <input type="checkbox"/> общепромышленный                               | <input type="checkbox"/> Ex (ia)                 | <input type="checkbox"/> Exd <input type="checkbox"/> другой _____         |
| Индикатор                                                                                 | <input type="checkbox"/> да                                             | <input type="checkbox"/> нет                     |                                                                            |
| Кабельный ввод                                                                            | <input type="checkbox"/> да                                             | <input type="checkbox"/> нет                     |                                                                            |
| Электромонтажная часть согласована: _____<br>(должность, фамилия, подпись)                |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: _____<br>(должность, фамилия) |                                                                         |                                                  |                                                                            |
| Телефон _____                                                                             | Факс _____                                                              |                                                  |                                                                            |
| E-mail _____                                                                              |                                                                         |                                                  |                                                                            |

Таблица 18.23.Т1

## Опросный лист для заказа регулятора прямого действия

(указать параметр)

Заказчик

(предприятие, фирма)

Адрес почтовый

Контактное лицо

Должность, ФИО

Телефон \_\_\_\_\_

Факс \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Цель измерения: технологическое регулирование параметра

 t° температура P давление H уровень Q расход ΔP перепад давления другой \_\_\_\_\_ (указать)

При повышении давления за регулирующим органом

 регулирующийся орган закрывается

При повышении давления до (перед) регулирующим органом

 регулирующийся орган открывается

При повышении значения параметра измеряемой среды (кроме давления)

 регулирующийся орган закрывается регулирующийся орган открывается

Место установки

Позиция

Количество

Измеряемая среда (наименование)

 жидкость газ сухой пар перегретый газ влажный пар насыщенный опасная среда (вещество)\* неопасная среда (вещество)

| Параметр    | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения            |                                              |                                       |
|-------------|---------|---------|----------|------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура |         |         |          | <input type="checkbox"/> °C  |                                              |                                       |
| Давление    |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|             |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар | <input type="checkbox"/> атм                 | <input type="checkbox"/> другая _____ |

Среда регулирования (рабочая среда) (наименование)

 жидкость газ сухой пар перегретый газ влажный пар насыщенный опасная среда (вещество)\* неопасная среда (вещество)

| Параметр                                  | Минимум | Номинал | Максимум | Единица измерения                           |                                              |                                       |
|-------------------------------------------|---------|---------|----------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Температура                               |         |         |          | <input type="checkbox"/> °C                 |                                              |                                       |
| Давление                                  |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа                | <input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/> мм рт. ст.   |
|                                           |         |         |          | <input type="checkbox"/> бар                | <input type="checkbox"/> атм                 | <input type="checkbox"/> другая _____ |
| Расход                                    |         |         |          | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /с  | <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч   | <input type="checkbox"/> другая _____ |
|                                           |         |         |          | <input type="checkbox"/> л/с                | <input type="checkbox"/> л/ч                 |                                       |
| Плотность                                 |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/м <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> г/см <sup>3</sup>   |                                       |
|                                           |         |         |          | <input type="checkbox"/> кгс/л              | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Вязкость динамическая                     |         |         |          | <input type="checkbox"/> Па·с               | <input type="checkbox"/> другая _____        |                                       |
| Абразивные включения                      |         |         |          | <input type="checkbox"/> да                 | <input type="checkbox"/> нет                 |                                       |
| Допустимое падение давления на устройстве |         |         |          | <input type="checkbox"/> кПа                | <input type="checkbox"/> кг/см <sup>2</sup>  | <input type="checkbox"/> атм          |

\* К опасным веществам относятся по ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93\*:

– взрывоопасные;  
– легко воспламеняемые;

– поддерживающие горение;  
– ядовитые, очень ядовитые;

– едкие и коррозионные;  
– прочие опасные вещества.

## Окончание табл. 18.23.Т1

|                                                                   |                                                                      |                                       |                                        |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Окружающая среда                                                  | <input type="checkbox"/> условно-чистая                              | <input type="checkbox"/> промышленная | <input type="checkbox"/> морская       | <input type="checkbox"/> приморско-промышленная |
| Газ                                                               | <input type="checkbox"/> В-1 класс 0                                 | <input type="checkbox"/> В-1а класс 1 | <input type="checkbox"/> В-1б класс 2  | <input type="checkbox"/> В-1г класс 2           |
| Пыль                                                              | <input type="checkbox"/> класс 20                                    | <input type="checkbox"/> В-П класс 21 | <input type="checkbox"/> В-Па класс 22 |                                                 |
| Температура, °С _____                                             | Давление, кПа _____                                                  | Относительная влажность, %/°С _____   |                                        |                                                 |
| Место установки сенсора                                           | <input type="checkbox"/> трубопровод                                 |                                       |                                        | <input type="checkbox"/> объемная конструкция   |
| Диаметр трубопровода, мм _____                                    | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Участок трубопровода                                              | <input type="checkbox"/> прямой                                      |                                       |                                        | <input type="checkbox"/> колено                 |
| Стенка: материал _____                                            | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Толщина, мм _____                                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Изоляционный слой: материал _____                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Толщина, мм _____                                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Тип соединения                                                    | <input type="checkbox"/> сварка                                      | <input type="checkbox"/> ввертной     | <input type="checkbox"/> фланец        | <input type="checkbox"/> иной _____             |
| <small>(указать)</small>                                          |                                                                      |                                       |                                        |                                                 |
| Длина соединительной трубки от сенсора до регулятора, м _____     | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Конденсационный сосуд                                             | <input type="checkbox"/> да                                          |                                       |                                        | <input type="checkbox"/> нет                    |
| Вставная диафрагма на рабочей среде с отверстием, мм _____        | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
|                                                                   | <input type="checkbox"/> да                                          |                                       |                                        | <input type="checkbox"/> нет                    |
| Место установки регулятора                                        | <input type="checkbox"/> трубопровод регулируемой среды (раб. среды) |                                       |                                        |                                                 |
| Диаметр трубопровода, мм _____                                    | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Участок трубопровода                                              | <input type="checkbox"/> прямой                                      |                                       |                                        | <input type="checkbox"/> колено                 |
| Стенка: материал _____                                            | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Толщина, мм _____                                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Изоляционный слой: материал _____                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Толщина, мм _____                                                 | <small>(указать)</small>                                             |                                       |                                        |                                                 |
| Тип соединения                                                    | <input type="checkbox"/> сварка                                      | <input type="checkbox"/> фланец       |                                        | <input type="checkbox"/> иной _____             |
| <small>(указать)</small>                                          |                                                                      |                                       |                                        |                                                 |
| Технологическая часть согласована: _____                          | <small>(должность, фамилия, подпись)</small>                         |                                       |                                        |                                                 |
| Часть АСУТП согласована: _____                                    | <small>(должность, фамилия, подпись)</small>                         |                                       |                                        |                                                 |
| Технические данные уточняются с ответственным исполнителем: _____ | <small>(должность, фамилия)</small>                                  |                                       |                                        |                                                 |
| Телефон _____                                                     | Факс _____                                                           |                                       |                                        |                                                 |
| E-mail _____                                                      |                                                                      |                                       |                                        |                                                 |

Таблица 18.23.Т2

## Класс герметичности арматуры

| Класс герметичности  |                                             |                                            |                                           |
|----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| А                    | В                                           | С                                          | Д                                         |
| Нет видимых протечек | 0,0006 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(вода)  | 0,0018 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(вода) | 0,006 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(вода) |
|                      | 0,018 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(воздух) | 0,18 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(воздух) | 1,8 см <sup>3</sup> /мин × DN<br>(воздух) |

## ГЛАВА 19. ВЫБОР СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И SCADA-СИСТЕМ

|                                                                                               | Лист  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 19.1. Общие соображения . . . . .                                                             | 19–1  |
| 19.2. Уровень контроля и управления технологическим процессом . . . . .                       | 19–3  |
| 19.2.1. Микроконтроллер . . . . .                                                             | 19–5  |
| 19.2.2. Коммутационный модуль (модуль ввода/вывода) . . . . .                                 | 19–6  |
| 19.2.3. Коммуникационный модуль . . . . .                                                     | 19–8  |
| 19.2.4. Процессорный модуль . . . . .                                                         | 19–8  |
| 19.2.5. Корзина или шасси . . . . .                                                           | 19–9  |
| 19.2.6. Источник питания . . . . .                                                            | 19–9  |
| 19.2.7. Заключение . . . . .                                                                  | 19–10 |
| 19.3. Открытые промышленные сети . . . . .                                                    | 19–11 |
| 19.3.1. Топология промышленной сети . . . . .                                                 | 19–12 |
| 19.3.2. Доступ к сети . . . . .                                                               | 19–13 |
| 19.3.3. Физическая среда сети . . . . .                                                       | 19–13 |
| 19.3.4. Активное оборудование промышленных сетей . . . . .                                    | 19–14 |
| 19.4. Рабочее место оператора . . . . .                                                       | 19–16 |
| 19.5. Сервер . . . . .                                                                        | 19–18 |
| 19.6. Проблема выбора программного обеспечения ПО . . . . .                                   | 19–19 |
| 19.6.1. ПО контроллера . . . . .                                                              | 19–19 |
| 19.6.2. ПО для операторской станции . . . . .                                                 | 19–21 |
| 19.6.3. Создание собственного ПО для задач АСУТП . . . . .                                    | 19–23 |
| 19.7. Спецификация . . . . .                                                                  | 19–24 |
| 19.8. Нормативно-технические документы,<br>на которые имеются ссылки в данной главе . . . . . | 19–26 |
| 19.9. Перечень основных терминов, примененных в данной главе . . . . .                        | 19–26 |

### Перечень рисунков

|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| 19.P1. Клиент-серверная структура АСУТП . . . . . | 19–28 |
|---------------------------------------------------|-------|

### Перечень схем

|                                                    |       |
|----------------------------------------------------|-------|
| 19.Cx1. Классификация контроллеров АСУТП . . . . . | 19–28 |
|----------------------------------------------------|-------|

### Перечень таблиц

|                                                                                      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 19.T1. Выбор модулей ввода/вывода сигналов (форма таблицы) . . . . .                 | 19–29 |
| 19.T2. Среднее число сигналов ввода/вывода в модуле ПЛК . . . . .                    | 19–30 |
| 19.T3. Оценка необходимой памяти ЦПУ . . . . .                                       | 19–30 |
| 19.T4. Потребление тока и мощности модулями ПЛК (ориентировочное значение) . . . . . | 19–31 |
| 19.T5. Пример составления баланса токов и мощностей ПЛК . . . . .                    | 19–32 |
| 19.T6. Основные характеристики промышленных сетей . . . . .                          | 19–32 |
| 19.T7. Характеристики промышленных сетей некоторых фирм . . . . .                    | 19–33 |
| 19.T8. Сравнительные характеристики основных топологий . . . . .                     | 19–35 |
| 19.T9. Характеристики различных сред передачи данных . . . . .                       | 19–35 |

## 19.1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

В разделе 3.2 «Стадии создания АСУТП» отмечены четыре различных случая создания АСУТП:

1) для вновь строящегося, проектируемого технологического объекта управления ТОО;

2) для действующего и нереконструируемого ТОО;

3) для ТОО, который реконструируется или расширяется;

4) для ТОО, в котором действующая АСУТП технически перевооружается.

Для каждого случая приведено краткое пояснение по стадийности, срокам и финансированию их создания.

На схеме 3.Сх1 указаны возможные варианты (случаи), возникающие при создании АСУТП, и коэффициенты определения трудозатрат на создание каждого из вариантов.

Применение указанных коэффициентов разъяснено в разделе 3.4.

Варианты создания АСУТП влияют на выбор комплекса программно-технических средств ПТК. При этом исходим из того, что исполнитель работ имеет документ, полученный в установленном в Российской Федерации порядке на правоосуществление работ по созданию АСУТП на соответствующих технологических объектах.

Вариант 1 предполагает относительную свободу выбора ПТК АСУТП. Выбор ограничивается корпоративными требованиями заказчика к ПТК АСУТП или требованиями технического задания на создание АСУТП.

Понятно, что корпоративные требования оспорить весьма сложно, их следует принять к исполнению.

Некорпоративные требования, изложенные в ТЗ, можно объективно изменить и согласовать с утверждающей ТЗ инстанцией, а проще внести необходимые изменения еще на стадии разработки ТЗ.

Исполнитель проекта АСУТП, обладая опытом работы с программно-техническими средствами конкретных фирм, имеет право предложить средства этих фирм для реализации в создаваемой АСУТП.

Если требования ТЗ предлагают использовать ПТК, который не апробирован в предыдущей деятельности исполнителя, то при этом потребуются предварительная подготовка специалистов исполнителя на фирменных курсах, осуществление их тренинга, некоторые дополнительные затраты при проектировании, реализации проекта и его сопровождении при эксплуатации.

Вариант 2 – разработка проекта АСУТП для действующего и нереконструируемого технологического объекта потребует увеличенного внимания к решению вопросов:

– расположения пунктов управления и аппаратных в существующей архитектурной среде предприятия;

– установки первичных измерительных преобразователей на существующем и действующем без остановки технологическом оборудовании и коммуникациях;

– прокладки кабельных и трубных проводок АСУТП в существующей структуре технологических, электротехнических и прочих коммуникаций;

– переобучение оперативного, диспетчерского, эксплуатационного и управленческого персонала предприятия к работе в новых условиях деятельности после внедрения АСУТП.

При определении трудоемкости работ по варианту 2 предусматривается повышающий коэффициент  $K_{13} = 1,1-1,3$  по таблице 3.Т4.

Выбор программно-технических средств и составление схемы организационной структуры при варианте 2 требует согласованных решений заказчика и исполнителя и включение решений в ТЗ на создание АСУТП.

Вариант 3 отличается от варианта 2 тем, что действующий объект управления реконструируется или расширяется и одновременно с этим на объекте создается АСУТП. В зависимости от объема реконструкции или расширения объекта вновь создаваемая АСУТП также требует решения вопросов, отмеченных вариантом 2. Чем меньше объем реконструкции или расширения, тем меньше дополнительные трудозатраты на создание АСУТП, которые учитывают действующие технологические и другие коммуникации и оборудование, переоборудование существующих помещений под помещения АСУТП. Выбор программно-технических средств следует организовать подобно их выбору в варианте 2.

Вариант 4 характеризуется тем, что проводится программно-техническое перевооружение уже существующей и действующей АСУТП. От объема перевооружения зависят трудозатраты на доработку АСУТП, что предусмотрено коэффициентом  $K_{12} = 0,4-1,2$  таблицы 3.Т4. В этом варианте в ТЗ на реконструкцию (расширение) АСУТП должны быть четко определены направления и виды переоснащения и дооснащения действующей системы иными или подобными имеющимися на объекте программно-техническими средствами.

Вариант 4 предопределяет тесное сотрудничество в различных формах между специалистами заказчика и исполнителя, при котором время переключения одной АСУТП на другую должно быть минимальным.

Варианты 1, 2 и 3 предполагают создание АСУТП на технологическом объекте, на котором отсутствует АСУТП на период проектирования. Можно предположить, что технологический объект в вариантах 2 и 3 оснащен в той или иной степени средствами автоматизации. На объекте действует система эксплуатации средств автоматизации. Учитывая изложенное, исполнитель имеет равные права с заказчиком в выборе программных и технических средств в вариантах 1, 2 и 3.

При варианте 3 исполнитель должен оценить внутренние кадровые и материальные и финансовые возможности прежде, чем включиться в реконструкцию, расширение действующей АСУТП на базе конкретного программно-технического комплекса.

Мы вынуждены остановиться на организационных вопросах создания/проектирования АСУТП потому, что в настоящее время на рынке промышленной автоматизации Российской Федерации известны десятки видов микроконтроллеров со своим программированием, более двух десятков SCADA-систем, около десятка различных промышленных сетей. Контроллеры, SCADA-системы и промышленные сети продолжают разрабатываться, совершенствоваться, продолжается интеграция систем управления предприятием. Все отмеченное существенно влияет на выбор аппаратных и программных средств, на организацию системы управления технологическим объектом в составе предприятия и корпоративных объединений.

## 19.2. УРОВЕНЬ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Основным элементом этого уровня АСУТП является контроллер.

**Контроллер** (*англ.* controller – устройство управления) – микропроцессорная система, предназначенная для управления работой подключенных к ней периферийных, полевых устройств и каналов связи.

Контроллер в АСУТП служит для разграничения вычислительных ресурсов по территориальной и функциональной распределенности объектов управления в составе распределенных систем управления РСУ.

На схеме 19.Сх1 приведена классификация контроллеров АСУТП: программируемых логических контроллеров ПЛК и контроллеров на базе РС (РС-совместимых контроллеров).

Программируемые логические контроллеры в свою очередь подразделяются на:

- моноблочные (компактные);
- модульные;
- встраиваемые (встраиваемые системы);
- удаленные модули УСО-устройств связи с объектом.

Так называемые **встраиваемые ПЛК** содержат широкий спектр процессорных, периферийных, интерфейсных и мезонинных модулей и плат. К встраиваемым системам относятся встраиваемые полнофункциональные одноплатные компьютеры и контроллеры, мониторы и системы для визуализации.

Встраиваемые ПЛК, как правило, не имеют кожуха и клемм для прямого подключения кабельной продукции.

Встраиваемый контроллер устанавливается в законченное промышленное изделие, в том числе в промышленный ПЛК другого типа, что требует конструкторской разработки документации, моделирования, тестирования и т. п. Подобные действия возможны при разработке изделия, а не при проектировании АСУТП.

**Моноблочный ПЛК** – это микропроцессорное устройство, в едином конструктиве объединяющее центральный процессор (и сопроцессоры), память (память программ и переменных), порт (порты) для выхода в сеть, определенное число каналов ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, слоты подключения дополнительных модулей, индикаторы состояния контроллера.

В моноблочный ПЛК могут входить источник питания, жидкокристаллический дисплей, модуль регулятора, другие встроенные функциональные модули.

Моноблочный контроллер имеет, как правило, незначительное число встроенных дискретных входов/выходов.

Контроллер может дополняться модулями ввода/вывода сигналов с организацией обмена данными либо по внутренней шине, либо через коммуникационный порт. Моноблочный ПЛК иногда называют **автономным контроллером**.

На базе моноблочного ПЛК выпускают специальные контроллеры для противоаварийной защиты ПАЗ, которые отличаются высокой надежностью, живучестью, безотказностью, быстродействием, резервированием, встроенной диагностикой.

Выбор моноблочного контроллера обусловлен в основном числом сигналов ввода/вывода, функциональными возможностями и пользовательскими программами.

Выбор следует производить по информационным данным фирм и изучению опыта использования автономных контроллеров. Надо иметь в виду, что их расширение ограничено.

**Модульный ПЛК** состоит из процессорного модуля, модуля питания, коммутационных модулей ввода/вывода сигналов, коммуникационных модулей и специальных модулей.

Модульный ПЛК представляет из себя изделие, включающее набор соединенных между собой модулей, тип и число которых может изменяться в широких пределах за счет плат расширения и подключения новых корзин.

Модули ввода/вывода отличаются числом и набором каналов ввода/вывода сигналов. Модули дискретных сигналов, кроме того, отличаются техническими данными сигналов, видом выходных каналов («сухой контакт» реле, транзисторный открытый коллектор ОК), положительной или отрицательной логикой индикации состояния каналов.

Модули аналоговых сигналов различаются числом каналов, разрядностью преобразователей сигналов, сертифицированной точностью, техническими параметрами сигналов, наличием защиты от перенапряжений и обнаружения обрыва цепей сенсора, температурным дрейфом.

Модульный ПЛК обслуживает значительное количество каналов ввода/вывода, допускает во многих типах контроллеров замену модулей без выключения питания («горячая замена»), осуществляет обмен данными между контроллерами в одной сети.

Коммуникационные модули промышленных сетей постоянно расширяют номенклатуру и сферу применения ПЛК.

Также расширяется номенклатура специальных модулей (связи, часов реального времени, технического зрения, барьеров искробезопасности и др.).

Модульный ПЛК обычно программируется в специализированном пакете разработчика контроллера.

Модульный ПЛК имеет широкое применение. Способность приспособливаться к изменениям конфигурации объекта управления обусловлена принципом модульности контроллера.

**PC-совместимый контроллер (PC-base)** — программно-логический контроллер характеризуется наличием:

- встроенной операционной системы (Windows, QNX, MSDOS и др.);
- стандартной системной шины (PC-104, VME и т. п.);
- возможности использования стандартных языков программирования (Паскаль, Ассемблер, C++ и др.);
- возможности использования стандартного программного обеспечения (SCADA-системы);
- возможности включения в них блоков ввода/вывода различных фирм.

Таким образом, PC-совместимый контроллер обладает большой многофункциональностью, удобством программирования для «классических» программистов и трудностями для инженеров-технологов, использования стандартных программ, что уменьшает стоимость контроллера. Однако возможность применения различных модулей ввода/вывода и сети вызывает усложнение программирования, необходимость сертификации не только драйвера нового модуля, а всей программы в целом.

Контроллер такого типа применим для решения небольших задач с незначительным числом входов/выходов сигналов со сложной их обработкой при пониженных требованиях по надежности системы, при ограниченности финансов.

Отдельные контроллеры различных видов, которые охарактеризованы выше, соединены с полевыми средствами автоматизации либо традиционными электрическими цепями измерения, контроля и управления (раздел 13.5 пособия) либо электрическими цепями с использованием полевой шины (полевая или сенсорная сеть в разделе 18.14).

Последняя сеть подразумевает применение на полевом уровне средств автоматизации специального исполнения, позволяющих их включение через полевую шину к ПЛК.

### 19.2.1. Микроконтроллер

Выбор микроконтроллера уровня контроля и управления технологическим процессом следует начинать с анализа следующего:

- структура управления технологического объекта;
- информационная характеристика ТОО.

Структура организационная представляется на соответствующей схеме, выполняемой по требованиям, изложенным в разделе 12.2, и по схеме 12.Сх1.

Информационная характеристика определяется по материалам схемы автоматизации (раздел 12.4 и схемы 12.Сх2, ..., 12.Сх5), схемы комплекса технических средств (раздел 12.5 и схема 12.Сх5) и ведомостям сигналов и данных ввода и вывода.

Процедуры по разработке ведомости оборудования и материалов ВОМ на стадии выполнения утверждаемой части проекта представлены на схеме 6.Сх1, строки 2/02–2/11 и строки 3/02–3/11.

Аналогичные процедуры при выполнении проектных материалов рабочего проекта указаны на схеме 6.Сх1, строки 8/01 и 8/02, 9/10, 9/11.

Описание указанных процедур изложено в соответствующих строках комментария к блок-схеме, страницы 6–7, 6–8, 6–9, 6–16, 6–18.

Определение числа и вида сигналов ввода/вывода производится по данным схемы автоматизации и ведомостей ввода/вывода сигналов и данных в том случае, если ведомости выполняются по внутренним план-графикам исполнителя (смотри раздел 12.4.4).

Схема автоматизации может выполняться по упрощенному или развернутому способу.

Схема автоматизации, выполненная по ГОСТ 21.408-93, п. 4.3.7, требует серьезных комментариев и пояснений по использованию средств автоматизации различного типа, по принадлежности функционального контура к системе противоаварийной защиты, по виду сигнала связи с устройствами ввода/вывода ВТ.

Пособием рекомендовано выполнение схемы автоматизации по двум вариантам (схемы 12.Сх3а, 12.Сх3в, 12.Сх2г).

Предпочтительным вариантом является вариант 2, изображенный на схеме 12.Сх2г. В нижней части схемы (в «подвале») указаны функциональные признаки сигналов по таблице 12.Т8 (Ai1–Ai10, AO2, AO4, Di1–Di8, DO1–DO4). По данным схемы легко подсчитать количество дискретных и аналоговых сигналов ввода и вывода, ранжированных по градуировке и значению сигнала.

То же самое можно осуществить по данным ведомостей.

Проектировщик полевого уровня должен выбирать первичные преобразователи и электрические цепи различного назначения с минимальным числом разновидностей градуировок сигналов. Проектировщик, который осуществляет выбор контроллера, имеет право предложить проектировщику полевых средств автоматизации изменить градуировку и значение сигналов с целью уменьшения разновидностей модулей ввода/вывода УСО.

Результат анализа схемы автоматизации и/или ведомостей ввода/вывода сигналов и данных следует оформить в виде таблицы 19.Т1. Одновременно с определением числа и вида «полевых» сигналов следует наметить место их реализации, место размещения устройств связи с объектом. Другими словами, следует разрабатывать схему комплекса технических средств (схема 6.Сх1, строки 1/10, 2/06, 3/02, 7/09). Схему КТС необходимо выполнять по ГОСТ 24.302-80 и рекомендациям пособия, изложенным в разделе 12.5. Пример выполнения схемы КТС приведен на схеме 12.Сх5.

Таблицу 19.Т1 можно разделить в соответствии со схемой КТС по программируемым контроллерам. Имея данные по количеству и виду сигналов для каждого ПЛК, можно приступить к определению числа модулей ввода/вывода сигналов.

Особенное внимание должно быть обращено на сигналы во взрывоопасных зонах, на сигналы ПАЗ, а также на интеллектуальные сигналы.

При определении количества модулей ввода/вывода рекомендуется соблюдать принципы компоновки сигналов:

- подключение сигналов к модулю необходимо осуществлять группами по каждому типу/виду электрических схем подключения;
- должна соблюдаться внутригрупповая последовательность каналов ввода/вывода однотипных схем подключения;
- на различных модулях должна быть соблюдена последовательность каналов ввода сигналов конкретного объекта управления и каналов вывода сигналов этого объекта (дискретных и аналоговых);
- входы/выходы сигналов ПАЗ следует выделить и разместить на отдельные модули (если имеется значительное число сигналов) или разместить их группами в верхних/нижних частях модулей (при малом числе сигналов ПАЗ);
- для различных видов сигналов ввода/вывода на соответствующих модулях должен быть предусмотрен резерв каналов (до 10 %, если техническим заданием на создание системы не определено иное значение);
- сигналы ввода/вывода различного электрического напряжения размещать таким образом, чтобы цепи соединения можно было проложить отдельно, **не смешивая их в одном потоке.**

### 19.2.2. Коммутационный модуль (модуль ввода/вывода)

Дискретные модули ввода/вывода могут в общем случае поддерживать:

- широкий диапазон входных/выходных напряжений (3,5, 5, 12, 24, 48, 120, 240 В постоянного тока, 24, 120, 240 В переменного тока);
- полярность сигнала (положительный или отрицательный);
- число входов/выходов, которые объединяются в группы;
- мощность выходного канала;

- гальваническое разделение цепей:
  - между входами/выходами и внутренней шиной контроллера;
  - между группами входов/выходов;
  - между входами/выходами по числу входов/выходов (поканально);
- индикация состояния входа/выхода (один светодиод на каждый канал);
- индикация напряжения питания каждого датчика;
- контроль обрыва цепи для ПЛК ПАЗ;
- индикация группового отказа;
- питание датчиков от дискретного модуля;
- задержка распространения входного сигнала (от низкого уровня к высокому от 0,1 до 20 мс, от высокого уровня к низкому от 0,1 до 25 мс);
- прерывания настраиваемые;
- фронтальный соединитель с винтовыми или пружинными зажимами;
- модульный гибкий соединитель вместо фронтального.

**Аналоговые модули ввода/вывода** в общем случае отличаются:

- широкий диапазон входных сигналов ( $\pm 5$ , 0–5,  $\pm 20$ ; 0/4–20 мА;  $\pm 100$ , 0–100 мВ; 0–1,  $\pm 2,5$ ,  $\pm 5$ , 0–5,  $\pm 10$ , 0–10 В; термопреобразователи сопротивления разного типа на 2, 3 или 4 провода; преобразователи термоэлектрические разного типа);
  - входные сигналы (0–10,  $\pm 10$ , 0–5 В, 0/4–20 мА);
  - число входов/выходов от 2 до 16, которые могут объединяться в группы (от 1 до 4);
  - гальваническое разделение цепей:
    - между каналами и внутренней шиной;
    - между каналами и цепью питания электроники модуля;
    - между каналами различных групп;
    - между каналами;
  - защита от неправильной полярности напряжения питания;
  - установка выходов в заданное состояние при остановке центрального процессора;
    - выходной ток канала на датчик до 60 мА;
    - диагностика канала измерения (обрыв цепи, короткое замыкание, выход за диапазон измерения и др.);
    - индикация группового отказа;
    - прерывания настраиваемые;
    - различное время преобразования на один канал в мс;
    - время установки выходного сигнала (от 0,1 до 4 мс);
    - разрешающая способность аналого-цифрового преобразователя в широком диапазоне; то же цифро-аналогового преобразователя – 12–16 бит;
    - погрешность преобразования в пределах до  $\pm 0,6$  % с сертификацией в реестре;
    - фронтальный соединитель или модульный гибкий соединитель.

Указанные технические данные модулей различны как для модулей, которые выпускаются одной фирмой, так и для модулей различных фирм.

Поэтому при рассмотрении технических данных сигнальных модулей различных фирм необходимо учитывать конкретный набор данных того или иного модуля

и соответствии их требованиям технического задания на создание АСУТП или требованиям проектной документации, выпускаемой по ТЗ.

Для приблизительного, предварительного, грубого подсчета числа необходимых модулей ввода/вывода различного вида можно использовать рекомендации по числу сигналов на один модуль, представленные в таблице 19.Т2.

### 19.2.3. Коммуникационный модуль

Контуры схемы КТС позволяют приступить к определению коммуникационных модулей, или сетевых контроллеров. Остановимся на определении модуля коммуникации. Коммуникационный модуль некоторых фирм может иметь наименование модуль связи, коммуникационный процессор, модуль коммуникационного процессора, **интерфейсный модуль**.

В модуль коммуникационного процессора (СРМ – Communication Processor Module) входит 32-разрядный процессор, который взаимодействует с интерфейсом системной шины, ОЗУ и набор периферийных устройств, обеспечивающих выполнение различных протоколов обмена с интерфейсами RS-232, RS-485, Profibus FMS, DP Modbus +, Ethernet и др.

СРМ занимает более двух слотов в корзине (на шасси) модульного ПЛК.

Различные СРМ имеют разные интерфейсы, обладают различными скоростями обмена и своим специальным программным обеспечением, поставляемым фирмой-производителем вместе с контроллером. В заказе необходимо оговорить поставку специального ПО с СРМ.

Модуль коммуникационного процессора осуществляет связь для подсоединения ПЛК к другому устройству или по сети, обеспечивающей обмен данными между абонентами сети.

Коммуникационный модуль выполняет необходимые операции по формированию прерываний, обмену данными по сети и по внутренней шине контроллера.

Некоторые виды этого модуля имеют возможность соединения различных сетей, выполняя операции по преобразованию протоколов.

### 19.2.4. Процессорный модуль

Центральный процессор ЦПУ (CPU – Central Processor Unit) определяет назначение, функции и технические характеристики ПЛК.

Требования от рассмотренных ранее модулей к ЦПУ:

- обработка каналов аналогового и дискретного ввода/вывода;
- тип и количество последовательных портов (RS-232, RS-485, COM и др.);
- интерфейсы промышленных сетей (Modbus, Profibus, Canbus и др.).

Функции ЦПУ таковы:

- обеспечение работы ОС РВ – операционной системы реального времени;
- обеспечение коммуникационных связей между модулями контроллера;
- выполнение программ контроля и управления технологическим процессом;
- хранение программ и информации контроля и управления;
- обеспечение связи с другими устройствами АСУТП контроллерного уровня;
- обеспечение связи с устройствами более высокого уровня.

К техническим характеристикам ЦПУ относятся:

- тип модуля ЦПУ;
- тип микропроцессора;
- тактовая частота микропроцессора;
- скорость выполнения команды (логической операции);
- объем памяти ввода/вывода;
- объем памяти пользовательских программ;
- число поддерживаемых каналов ввода/вывода;
- интерфейсы сетей и портов;
- встроенные функции (ПИД-регулирование, счетчики, позиционирование и др.);
- энергонезависимые часы;
- напряжение питания;
- габарит.

Приблизительная оценка памяти ЦПУ производится с учетом данных таблицы 19.Т3.

### 19.2.5. Корзина или шасси

Модульный контроллер имеет корзину или шасси для размещения необходимых модулей. Различные фирмы используют корзины на разное количество слотов (**слот** – место в корзине, которое обеспечивает механическую и электрическую установку модуля программируемого логического контроллера).

Задняя панель корзины обеспечивает высокоскоростной канал связи между модулями и цепи питания модулей. Между оборудованием ПЛК, размещаемом в нескольких корзинах, следует предусмотреть интерфейс (интерфейсные модули и соединительные кабели необходимой длины). В корзине также, как правило, устанавливается блок питания.

Таким образом, определив общее количество модулей: сигнальных (ввода/вывода), коммуникационных, интерфейсных, процессорных и сопроцессорных, электропитания, а в некоторых случаях также специализированных, выбирают корзину/корзины для их размещения. При установке корзины в шкафу контроллера необходимо обеспечить минимальное расстояние от стенок, крыши, других корзин и иного оборудования в шкафу (по горизонтали – более 100 мм, по вертикали – более 200 мм без учета кабельных, монтажных коммуникаций в щите). При установке корзины и модулей в щите следует рядом с ними предусмотреть клеммы для подключения заземляющих экранов кабелей и проводов.

### 19.2.6. Источник питания

Во-первых, следует отметить, что некоторые фирмы организуют питание ПЛК таким образом, что источник питания предусматривается для каждой корзины, а не в целом для питания всех или части модулей. При значительном числе различных модулей можно предусматривать отдельный источник питания для всех модулей ввода/вывода или их части (в соответствии с самостоятельными участками технологического процесса).

Источник питания выбирается по выходному напряжению, суммарному потреблению тока из задней шины ПЛК и суммарной мощности нагрузки.

Потребление тока из задней шины всеми модулями не должно превышать определенной величины, например 1,2 А.

В таблице 19.Т4 указаны ориентировочные значения потребления тока и мощности модулями ПЛК, перечисленными в таблице 19.Т3. Значения можно использовать для расчета баланса токов и мощностей ПЛК и выбора источника питания.

После выбора линейки контроллера фирмы-изготовителя баланс необходимо составить по техническим данным фирмы.

Пример составления баланса токов и мощностей ПЛК приведен в таблице 19.Т5.

В примере использованы данные таблицы 19.Т2 по среднему числу сигналов ввода/вывода в модулях ПЛК, которое рекомендовано учитывать при подсчете числа различных сигнальных модулей конкретного ПЛК. Число модулей в таблице 19.Т5 принято условно.

Все модули (ЦПУ, ИП, Di, DO, Ai, AO) размещаются на одной корзине, поэтому интерфейсный модуль не требуется.

Определив баланс по каждому из модулей, суммируем токи и мощности.

Потребление тока из задней шины ПЛК составляет 410 мА, что менее 1,2 А по принятому условию.

Баланс потребляемого тока от источника питания 24 В постоянного тока определен в 1950 мА (1,95 А).

Таким образом, источник питания (блок питания) можно принять с выходным током 2 А. Тепловые потери источника питания (2 А) составляют в номинальном режиме 10 Вт.

Далее, суммируя потери мощности 41,5 Вт и учитывая установленные мощности другого оборудования, размещенного в шкафу ПЛК, определяем возможность использования шкафа определенных размеров. Габарит шкафа и отводимое от него тепло при высокой внешней температуре в месте его установки должно обеспечить температуру в шкафу ниже допустимой 60 °С. В случае невыполнения этого требования необходимо либо увеличить габариты щита, либо установить оборудование, снижающее температуру до приемлемого значения, что важно особенно для аналогового модуля (температурный строй 1). Также важно поддерживать допустимые минусовые температуры (в основном из-за росы).

### 19.2.7. Заключение

Рассмотренный общий порядок выбора ПЛК позволяет определить максимальные параметры, которым должен соответствовать ПЛК, который предполагается использовать в конкретной АСУТП.

Номенклатура и разнообразие ПЛК различных фирм-производителей весьма велики, поэтому сложно дать рекомендации по их применению к конкретному ТОО.

### 19.3. ОТКРЫТЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ

К открытым промышленным сетям относятся сети, на которые распространяются международные стандарты промышленных сетей.

Некоторые фирмы до сих пор в изделиях допускают использование своих внутренних уникальных сетей. Такой подход не позволяет применить в системе (без серьезных доработок) технические средства других производителей. Такие сети и средства используются в так называемых закрытых системах.

В настоящее время широко используются открытые промышленные сети.

Промышленные сети имеют ряд специфических особенностей:

- работа в режиме реального времени;
- ограниченный массив информации, передаваемой по сети;
- известное максимальное время передачи данных;
- повышенная защищенность передачи данных в промышленных условиях окружающей среды;
- использование общепринятых недорогих физических каналов передачи данных;
- значительные расстояния между местами возникновения данных и их использования;
- промышленная защищенная конструкция оборудования сети.

Приведенные особенности открытых промышленных сетей иногда приходят в противоречие, что заставляет создавать сети по принципу разумной достаточности. Принцип соответствует разумному подходу с учетом баланса «необходимость—доступность».

Как отмечено в разделе 18.14, промышленные сети подразделяются на два уровня:

- контроллерные сети (Field level), которые решают задачи по сбору, обработке данных и управлению технологическим процессом на уровне контроллеров ПЛК;
- полевые, или сенсорные сети (Sensor/actuator level), которые решают задачи опроса датчиков и управления работой исполнительных механизмов.

Иногда полевые сети называют сетями низовой автоматики.

Для создания полевой/сенсорной сети необходимо, чтобы каждое полевое устройство в сети было интеллектуальным, имеющим цифровой вход/выход в сеть.

Между отмеченными уровнями промышленных сетей имеются различия, основные характеристики которых приведены в таблице 19.Т6. Это в общем случае меньшая длина сети, меньшая скорость и меньший объем данных в цикле передачи, меньшая стоимость компонентов полевой сети по отношению к контроллерной сети. Спектр промышленных сетей обоих уровней широк, характеристики приведены в таблице 19.Т7.

Полевые сети составляют:

- HART;
- Foundation Fieldbus (H1);
- Modbus;
- ASI;
- Interbus-S;
- Device net;

- PROFIBUS-PA;
  - промышленный Ethernet;
- На контроллерном уровне наиболее известны:
- PROFIBUS-DP, -FMS, -PA;
  - BITBUS;
  - ControlNET;
  - Modbus plus;
  - Foundation Fieldbus (H2).

Применяются на двух уровнях:

- CAN;
- FIP;
- LON;
- Device net;
- FF (H1+H2);
- PROFIBUS.

В таблицах использована терминология, которая требует пояснения для однозначного идентичного понимания характеристик.

### 19.3.1. Топология промышленной сети

К сетевым топологиям относятся:

- шина (bus);
- кольцо (ring);
- звезда (star);
- дерево (tree) или иерархия (hierarchical);
- ячейка (mesh);
- смешанная (mixed).

Первые три топологические структуры являются наиболее распространенными.

**Шина** – все устройства структуры подключены к общей среде передачи данных параллельно; такая среда имеет наименование «шина».

Параллельное подключение требует четкого и жесткого регламента доступа к среде передачи данных. Некоторые источники называют шину общей шиной или магистралью.

На шине может быть организовано логическое кольцо.

**Кольцо** – устройства (узлы) структуры передают информацию от одного к другому по физическому кольцу. Каждое устройство поочередно становится управляющим по отношению к следующему за ним устройству (временному приемнику) на строго определенное время. Приемник копирует полученные данные, регенерирует их и через строго определенный промежуток времени (когда устройство становится управляющим) посылает в кольцо информации свою квитанцию о получении информации из кольца. Таким образом, последовательно информация проходит все устройства кольца и возвращается к начальному с квитанцией от последнего устройства. Каждый узел может стать «нарушителем» в кольце. Чтобы исключить из работы «нарушителя», в сети имеются автоматические переключатели, отключающие «нарушителя» от кольца. Существует структура двойного кольца с рабочей и резервной ветвью.

**Звезда** – радиальная структура, при этом вся информация передается через центральный узел, который всегда в работе и поэтому должен быть чрезвычайно надежным устройством. Центральный узел имеет порты, к которым подключаются лучи звезды (физические каналы передачи данных).

В таблице 19.Т8 сравниваются характеристики трех основных логических топологий. Логическая и физическая топология могут не совпадать.

### 19.3.2. Доступ к сети

В промышленных сетях (контроллерных и полевых) широко применяется централизованный метод доступа к линиям связи – метод **мастер-подчиненный (master-slave)**.

Мастер-устройство (узел) – имеет право инициировать циклы чтения/записи на шине путем адресации каждого отдельного устройства – slave-узел. Тем самым мастер обеспечивает подчиненного данными или запрашивает у подчиненного информацию. Время общения мастера и подчиненного должно быть как можно короче.

Скорость передачи зависит от объема информации и от физической среды передачи данных.

Реализация каналов передачи данных осуществляется путем ее **последовательный передачи** бит за битом по одному физическому каналу (как правило). Надежность передачи возрастает, но также растет время передачи в зависимости от длины передаваемой строки. Для последовательной передачи данных используются следующие интерфейсы: RS-232C, RS-422, RS-485. Децентрализованный доступ к сети организуется с применением одной из двух моделей доступа:

- модель с модулем CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов);
- модель с передачей маркера.

Модель с модулем CSMA/CD используется в спецификации Ethernet, когда все станции на шине имеют равные права на передачу данных с постоянным «прослушиванием» шины.

Модель CSMA/CD получила широкое распространение в условиях относительно низкой (менее 30 %) загрузки канала.

При большей нагрузке канала применяется модель с передачей маркера (Token Passing Model).

В модели право на доступ к шине передается от устройства к устройству в зависимости от конкретной программной задачи, реализующей ответные реакции на события в системе в определенное время.

Некоторые технические данные по интерфейсам приведены в разделе 18.14.

### 19.3.3. Физическая среда сети

При построении промышленной сети необходимо учитывать и соответственно выбирать физическую среду передачи данных. В структуре сети используются: телефонный кабель, коаксиальный кабель, контрольный или специальный кабель с витой парой, оптоволоконный кабель, радиоканал.

Перечисленные физические каналы охарактеризованы в главе 14, раздел 14.5.

В данной главе приведены для справок оценочные характеристики типов физических сред передачи данных по некоторым общим критериям (таблица 19.Т9).

#### 19.3.4. Активное оборудование промышленных сетей

Сети передачи данных различной топологии, тем более имеющие значительную протяженность, невозможно спроектировать без применения активного оборудования сети.

Активные устройства служат для приема, формирования, преобразования, коммутации сигналов с использованием **внешнего** по отношению к сигналу **источника энергии**. Активное оборудование необходимо предусматривать и выбирать при проектировании промышленных сетей.

Активные устройства имеют широкую номенклатуру по назначению:

- источник сигнала (первичный измерительный преобразователь, исполнительное устройство, вторичный прибор с выходным устройством и т. п.);
- приемник сигнала (УСО, контроллер, вторичный прибор и т. п.);
- преобразователь (конвертер, трансивер);
- повторитель (концентратор, репитер, хаб, ретранслятор, усилитель);
- мост, коммуникатор;
- маршрутизатор, шлюз.

Терминология активных устройств сети складывалась годами, видоизменялась, поэтому существует опасность в разночтении терминов.

Приведем наиболее правильное, на наш взгляд, объяснение терминам активных устройств промышленной сети.

**Преобразователь интерфейсов** (Media Converter) – это устройство часто называют упрощенно: преобразователь или конвертер.

Устройство лишь принимает сигналы из одной среды передачи и преобразует их в сигналы другой среды передачи данных.

Устройство не вносит изменений в структуру данных и соответствует уровню 1 (физическому) модели OSI (таблица 1.Т5 и раздел 1.5.7 главы 1).

К этим устройствам относят конвертер «RS-232-PS-485», преобразователь «медь-оптоволокно» и др., а также трансивер.

**Трансивер** (transceiver) – отдельное устройство для преобразования электрического сигнала из передающей среды (витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно) в сигнал по толстому коаксиальному кабелю, имеющему среднезависимый интерфейс в рамках стандарта Ethernet. Питание трансивера осуществляется от порта AUI Ethernet. Часто в сетевое устройство интегрирован интерфейс Ethernet, и тогда отсутствует надобность в трансивере.

**Повторитель** (repeater) – устройство, работающее исключительно на физическом уровне, не выполняет никаких преобразований и является по существу **усилителем** передаваемых сигналов, **ретранслятором**.

Повторитель увеличивает длину сетевого кабеля.

Повторитель имеет два порта – вход и выход. При большем числе портов повторитель превращается в концентратор.

**Концентратор** (concentrator) – многопортовое устройство, которое позволяет объединить несколько сегментов (смотри раздел 18.14).

Принимая сигнал по одному из своих портов, концентратор перенаправляет их во все остальные порты. Причем порты могут быть однотипными или различными. Концентратор выполняет функцию объединения для подключения нескольких сетевых устройств. Концентратор имеет светодиодную индикацию (состояние порта, активность канала, наличие питания). Повторитель многопортовый (концентратор) для витой пары имеет наименование **хаб** (hub).

Концентратор для коаксиального кабеля называется **репитером**.

Приведенные наименования позволяют уменьшить терминологическую путаницу.

Для концентратора, репитера или хаба недопустима кольцевая топология.

**Мост** (bridge) – устройство, которое соединяет две отдельные сети или два сегмента одной сети с одинаковыми протоколами. По OSI – мост является системой максимум транспортного уровня (уровня 4). Так же, как повторитель, мост устанавливает соединение данных со входного порта с выходным портом с одновременным восстановлением уровня и формы сигнала. Мост фильтрует пакеты данных и не пропускает дальше через себя те пакеты, которые не имеют адреса (получателя) на той стороне. Последним мост отличается от повторителя.

Мост как устройство чаще применяется в полевых шинах.

Мостом также называются устройства, которые служат для связи сетей по радиоканалу, модемной связи и др.

**Коммутатор** (switch) – многопортовый мост интеллектуального типа. Коммутатор кроме усиления сигнала проводит логический анализ получаемых пакетов с контролем адреса и целостности пакета. После положительной оценки пакет направляется на выходной порт пользователя данных.

Коммутатор часто используется в сетях Ethernet.

**Маршрутизатор, роутер** (router) – устройство, которое выбирает и организует маршрут передачи данных, т. е. связывает три нижних уровня OSI (физический, канальный, сетевой) и устанавливает соединение на четвертом, транспортном уровне.

Маршрутизатор подобен повторителю, восстанавливает уровень и форму передаваемого сигнала.

Маршрутизатор подобен мосту или коммутатору, он не передает адресату после себя поврежденные и ненужные адресату пакеты данных.

Маршрутизатор в отличие от вышеназванных устройств изменяет все передаваемые пакеты, тем самым может соединять сети с различными протоколами доступа, но при этом уровни 5, 6 и 7 модели OSI (сеансовый, представительный и прикладной) должны быть одинаковыми.

Маршрутизатор, естественно, имеет задержку при передаче данных.

**Шлюз** (gateway) – сложное устройство, которое позволяет объединять разнородные сети с различными протоколами. При этом шлюз решает проблемы несовместимости физических сред передачи данных, различия в протоколах и системах адресации.

Шлюз – устройство, поддерживающее все семь уровней модели OSI.

Шлюз – сложное аппаратное и программное устройство, имеющее высокую стоимость.

Активные устройства промышленных сетей представляют собою малогабаритные модули или блоки для установки на DIN-рейку, на стеллаж или стенку. Устрой-

ства по топологии могут быть установлены вне операторной, аппаратных для ПЛК и шкафов КИПиА. Желательно **устанавливать устройства промышленных сетей в закрытых от посторонних лиц помещениях, обеспечивать электрическим питанием по категории надежности, которая принята для всей АСУТП в целом** (смотри раздел 1.3.1). При невозможности отмеченного следует устройство поместить в шкафовое изделие закрытого типа, а заниженную категорию надежности электропитания особо отметить в проектной и эксплуатационной документации. Структура промышленной сети, каналы связи и коммуникационные устройства сети требуют особого творческого подхода проектировщиков и широкого поиска активных устройств на рынке фирм-производителей.

При выборе элементов промышленной сети проектировщику следует проверить заказ в составе первичного измерительного преобразователя модуля сигнала необходимого типа. Модуль должен согласовываться с физическим и программным каналами промышленной сети.

#### 19.4. РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА

АСУТП как система немыслима без участия человека – субъекта труда, который принимает содержательное участие в выработке решений по управлению и организует работу технологического объекта управления в соответствии с принятыми критериями путем соответствующего выбора управляющих корректирующих воздействий.

Оперативный персонал, который ведет технологический процесс объекта управления, использует информацию и рекомендации по рациональному управлению, выработанные комплексами программно-технических средств АСУТП.

Оперативный персонал объекта управления действует постоянно и непрерывно во все время работы объекта. Оперативный персонал в общем случае составляет группу специалистов-технологов:

- диспетчер производства;
- операторы технологического процесса;
- дежурный эксплуатационный персонал (мастера производства, рабочие, лаборанты и т. д.).

В дневную смену оперативной деятельностью занимаются в разной степени:

- старший диспетчер производства;
- старший оператор процесса;
- ведущий технолог процесса;
- старший мастер производства;
- технический руководитель производства;
- руководитель предприятия.

Однако непосредственно «ведет» технологический процесс, используя технические и программные средства АСУТП, оператор (в некоторых производствах – диспетчер). В зависимости от объема процесса, объема и вида информации ежедневно оператор может иметь одного или несколько помощников, подчиненных оператору.

Оператору процесса необходимо предоставить технические средства общения с системой управления (АСУТП).

Такими средствами являются:

- станция оператора;
- специальные панели с приборами и органами управления;
- широкомасштабное табло коллективного просмотра;
- печатающее устройство (принтер, плоттер).

Станция оператора в зависимости от требований задания на проектирование АСУТП может представлять из себя различные компьютерные средства:

- панельный промышленный компьютер;
- рабочая станция;
- офисный компьютер;
- компактный компьютер;
- панель управления.

Станция оператора может содержать несколько дисплеев или панелей, позволяющих одному оператору или нескольким операторам контролировать ход технологического процесса без частого переключения видеокадров.

Кроме того, для многоаппаратных и сложных транспортных технологических коммуникаций объекта, контроль и управление которыми осуществляют несколько человек, рекомендуется установка широкомасштабного табло коллективного пользования. Такое решение сравнительно дорогое, но его эффективность и целесообразность доказана эксплуатацией ряда АСУТП.

Панель управления – специализированное терминальное устройство для оперативного ввода и отображения информации, которое может обмениваться данными с удаленным компьютером, контроллером или другим устройством через последовательный порт с использованием стандартных протоколов. Панель управления – это малый компьютер, применяемый в том случае, когда полноценный компьютер по каким-либо причинам использовать нецелесообразно. В панели управления в качестве устройства ввода применяется встроенная клавиатура или сенсорный экран, для визуализации применяется символьный или графический экран. Панель управления имеет универсальный порт связи RS-232/422/485, выход на принтер.

Выбор технических средств рабочего места оператора или диспетчера следует производить с учетом их размещения в помещении оперативного персонала. К помещениям оператора или диспетчера предъявляются многие функциональные, эргономические требования и требования по электробезопасности.

Здесь повторим резюме, изложенное в разделе 20.13, по вопросам организации работы оперативного персонала.

**«Помещения оператора и диспетчера являются, по существу, визитной карточкой технологического объекта управления.»**

Современные средства информационных технологий, технические средства АСУТП позволяют руководителю и специалистам получать необходимую информацию непосредственно на своем рабочем месте. Специалисты в течение рабочего дня находятся в курсе хода технологического процесса на объекте. В то же время специалисты решают многие административные, хозяйственные, снабженческие и другие вопросы.

В отличие от них оператор или диспетчер в течение смены непрерывно занят оперативной деятельностью по управлению технологическим процессом.

Его знание и понимание конкретной ситуации технологического процесса и прогнозирование хода технологического процесса являются, как правило, существенным дополнением к информации, которую получают руководители и специалисты от программно-технических средств системы управления.

Руководители и специалисты периодически общаются и посещают оператора/диспетчера для личного получения дополнительной информации.

Помещение оператора или диспетчера должно позволять проводить деловые встречи с наглядной демонстрацией параметров и хода технологического процесса.

Помещение должно также позволять оператору/диспетчеру кратковременный отдых и прием пищи.

Помещение должно обеспечивать оператору/диспетчеру спокойную эргономическую и электробезопасную обстановку.

Сказанное должно найти отражение в выборе места расположения помещения, его размерах, компоновке оборудования АСУТП и вспомогательных стеллажей и шкафов, в размещении зоны отдыха и приема пищи».

## 19.5. СЕРВЕР

Сервер (server) – узел сети, обычно локальный, в котором обеспечивается обслуживание сетевых терминалов путем управления распределением вычислительного ресурса совместного пользования.

Сервер – это компьютер, управляющий распределением ресурсов промышленной сети, имеющий централизованный доступ к данным.

В АСУТП сервер выполняет две основные функции:

- обеспечение операций ввода/вывода;
- хранение накопленной информации.

Различают сервер ввода/вывода и сервер базы данных.

**Сервер ввода/вывода** используется для построения клиент-серверных структур АСУТП, пример одной из них приведен на рисунке 19.Р1.

**Сервер базы данных** – компьютер с большими вычислительными ресурсами. Последние характеризуются числом процессоров в сервере, высокой тактовой частотой – несколько ГГц, большой емкостью памяти – до сотен Гбайт (286–715), использованием RAID-технологии для наращивания памяти.

Сервер может быть организован с использованием одного или нескольких компьютеров для решения специфических задач хранения, обработки, преобразования информации, печати и т. д. для нескольких компьютеров операторов-технологов.

К серверу промышленной сети относится файл-сервер, который предоставляет доступ к общему дисковому пространству.

К прикладным серверам относятся серверы баз данных, сервер печати, сервер резервирования, факс-сервер и др.

Сервер может быть выделенный или совместно используемый. Выделенный сервер – более производительное изделие, имеющее высокую надежность защиты данных от несанкционированного доступа. Сервер совместного использования имеет более низкую производительность из-за частого прерывания операций рядом пользователей.

Выделенный сервер дороже совместно используемого сервера, что следует учитывать при организации информационной сети.

Сервер промышленной сети может служить доступным терминалом для информационных сетей более высокого уровня – АСУТП, АСОДУ, корпорации и др.

На рынке информационных технологий существует большая номенклатура серверов различной производительности и назначения.

## 19.6. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПО)

### 19.6.1. ПО контроллера

Контроллер конкретного производителя имеет в комплекте программное обеспечение, которое позволяет программировать данный контроллер для задач АСУТП технологического объекта управления.

Программное обеспечение контроллеров линейки одного производителя может осуществляться при помощи одного единого или нескольких различных пакетов программ производителя.

Единый пакет или несколько пакетов не представляют трудностей при их освоении, так как все они программируются на языках стандарта IEC 61131-3. Стандарт Международной электротехнической комиссии описывает пять языков программирования ПЛК (но не PC-base):

- текстовый язык:
  - IL (список инструкций);
  - ST (структурированный текст);
- графический язык:
  - LD – (диаграммы лестничной логики);
  - FBD (диаграммы функциональных блоков);
- язык графических схем:
  - SFC (последовательные функциональные схемы).

Наличие большого числа языков программирования (больше двух – FBD и LD, которые в обязательном порядке должны входить в комплект поставки) позволит упростить разработку и эксплуатацию крупных приложений для решения различных задач и алгоритмов АСУТП.

Некоторые необходимые характеристики программирования контроллера позволяют осознанно подойти к выбору контроллера и его базового программного обеспечения.

**Язык LD (Ladder Diagram)** – диаграммы лестничной логики напоминают лестницу, состоящую из последовательно обрабатываемых в направлении слева – направо ступеней в виде набора графических элементов.

Язык LD – графический язык, который интерпретирует процесс разработки релейно-контактных логических схем управления.

Язык LD удобен для программирования небольших задач дискретной логики, является в небольших контроллерах основным для разработки программ управления (особенно программ ПАЗ).

**Текстовый язык IL (Instruction List)** является унифицированным интерфейсом языка программирования (типа Ассемблера) низкого уровня, который не ориентирован на конкретный микропроцессор.

Язык IL состоит из набора инструкций, которые выполняются контроллером последовательно.

Язык IL позволяет создавать оптимальные по быстродействию единицы программ.

**Язык ST (Structured Text)** – язык структурированных текстов относится к текстовым языкам высокого уровня (типа Pascal, C).

Язык ST позволяет создавать гибкие процедуры обработки данных при наличии сложных математических расчетов и/или при обработке больших массивов данных, часто используется в программировании на языке SFC, удобно связывается с другими языками программирования контроллера.

**Язык SFC (Sequential Function Chart)** – важный язык программирования, позволяет создавать логику прикладной программы на основании чередования процедурных шагов и переходов, делать описание решения параллельных и последовательных задач. Язык SFC использует в графическом представлении комбинации программных единиц.

Язык SFC служит наглядным средством проектирования прикладного ПО. Использование языка SFC на первых этапах разработки ПО позволяет проводить необходимые согласования с заказчиком и постановщиком задач контроля и управления.

**Язык FBD (Functional Block Diagrams)** – графический язык для создания программных единиц любой сложности на основе стандартных функциональных блоков (арифметических, логических, тригонометрических блоков, блоков регуляторов – PID-регуляторов, управляющих блоков и т. п.).

Язык FBD соединяет, «склеивает» готовые компоненты, которые реализуют различные алгоритмы обработки данных и законов регулирования.

**Особо следует обратить внимание при выборе и заказе контроллера на наличие нескольких блоков регулирования – П, ПИ, ПИД-регуляторов – адаптивного регулятора, блока самонастройки регуляторов и др. Это особенно важно при создании АСУТП со сложными алгоритмами связного регулирования.**

Из краткой характеристики стандартных языков программирования видна направленность каждого из языков.

Начальная стадия разработки прикладного программирования требует согласования с заказчиком и постановщиком задач. Материалы для согласования следует готовить с использованием языка SFC.

Программные единицы для включения их в программу создаются с применением языка FBD.

Прикладные программы составляются с применением языков IL и ST.

Задачи дискретной логики с реализацией несложных алгоритмов управления и блокировки программируются на языке LD.

### 19.6.2. ПО для операторской станции

Оператору-технологу объекта управления в общем случае от программно-технических средств АСУТП требуется:

- представление в реальном масштабе времени данных о ходе технологического процесса;
- визуализация технологического процесса в виде кадров мнемосхемы;
- сигнализация отклонений параметров от заданных значений;
- возможность управляющих воздействий на элементы технологического процесса;
- составление графиков различного характера;
- составление отчетных таблиц по определенным формам.

Технические средства операторного уровня охарактеризованы выше.

Программное обеспечение с использованием технических средств состоит из двух частей:

- базового программного обеспечения;
- прикладного программного обеспечения.

Базовое ПО приобретается либо в комплекте с техническими средствами АСУТП, либо приобретается дополнительно у фирм-разработчиков ПО.

В качестве базового программного обеспечения широко используются SCADA-программы.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерское управление и сбор данных – разработана как универсальное многофункциональное программное обеспечение систем уровня человек-машинного интерфейса. Характеристика этого уровня (HMI) приведена в разделе 1.5.8 главы 1 пособия.

SCADA-системы разрабатывались, внедрялись, изменялись, дополнялись, продолжают и будут впредь разрабатываться десятками зарубежных и российских фирм.

На российском рынке активно продвигаются SCADA-системы ряда производителей; рекламно-технические материалы фирм-разработчиков, производителей и дистрибьютеров убеждают потребителей в незаменимости конкретной «своей» SCADA-системы.

В обзоре «SCADA-продукты на российском рынке» (журнал «Мир компьютерной технологии» № 33, 1999 г.) приведены характеристики SCADA-систем того времени. SCADA-системы оцениваются поставщиками по 94 (!) критериям, сопутствующим этапам жизненного цикла SCADA.

Критерии сгруппированы по четырем категориям по степени приоритетности выбора системы.

Безусловно, очень сложно проанализировать SCADA-системы при их выборе по большому числу характеристик.

Детально ознакомиться со SCADA-системой только из полученной от поставщика системы документации невозможно. Однако выбирать все-таки необходимо. Для этого следует выделить несколько основных требований к системе, которые касаются функциональных возможностей, ресурсов, удобства разработки прикладных программ и др.

В общем плане требования к SCADA-системе таковы:

- способность SCADA-программ решать ваши задачи – задачи пользователя;
- наличие средств для ускорения разработки прикладного ПО;
- наличие списка внедрения SCADA-системы на различных объектах управления;
- доступность технической поддержки SCADA-системы;
- наличие и полнота русскоязычной версии технической документации и демоверсии на SCADA-систему;
- стоимость пакетов ПО SCADA-системы, цена лицензий на них, стоимость документации, обучения, платного обновления ПО и сопровождения.

Выбор SCADA-системы обусловлен корпоративно-производственным или ведомственным опытом эксплуатации АСУТП. Возможно, что та или иная SCADA-система принята в качестве стандарта на предприятиях отрасли.

В случае отсутствия подобного ограничения выбор SCADA-системы, на наш взгляд, следует начать с определения **операционной системы**, которую поддерживает SCADA (Windows, QNX, OS), DOS, LINUX.

ОС Windows – широко известная система, ею владеют многие специалисты по программированию как у проектировщика АСУТП, так и заказчика, потребителя. Использование других ОС (например, QNX) потребует дополнительного обучения персонала.

Далее следует определить, какие **типы контроллеров** поддерживает SCADA-система и наличие инструментального пакета для разработки драйверов ввода/вывода контроллеров. Такое требование актуально, если на объекте управления в том или ином виде используются контроллеры различных типов.

**Масштабируемость** важна потому, что ТОУ может быть разного объема по числу сигналов ввода/вывода (от десятков до тысяч сигналов). Желательно иметь SCADA-пакет, который можно экономично применить к проектируемой АСУТП.

Следует рассмотреть **инструментальное ПО** разработки баз данных, сквозного программирования станций оператора и контроллеров, поддержки интерфейсов других SCADA-систем. Пакеты инструментального ПО упростят и ускорят разработку прикладных программ для АСУТП ТОУ, облегчат эксплуатацию системы в условиях постоянного совершенствования и изменения алгоритмов технологического процесса.

**Техническая поддержка** в период разработки АСУТП и ее эксплуатации должна быть доступна и динамична к запросам пользователя SCADA-программами.

Здесь важны язык общения и компетентность персонала, осуществляющего техническую поддержку, форма и обновление сайта фирмы-поставщика SCADA-системы.

**Сопроводительная документация** SCADA-программы должна отличаться не только качеством и полнотой освещения пакетов программ, но и качеством перевода документации на русский язык.

Полнота и качество **технической документации на SCADA-программы** прямо влияют на сроки и затраты по разработке АСУТП и ее внедрению.

Требования по **стоимостной оценке** охватывают ряд составляющих. Стоимость продаваемой SCADA-системы должна быть определена проектировщиком по прайс-листам поставщика или по запросу.

Одновременно необходимо включить (если не включено поставщиком) в стоимость SCADA цену закупки необходимых лицензий, документации (в том числе документации третьих фирм).

Необходимо с поставщиком определить время в человеко-днях на **обучение персонала**, место проведения учебы и оценить финансовые затраты на обучение. Следует уточнить условия и цену обновления SCADA-программ, условия перезапуска программ при повреждении винчестера.

Необходимо определить возможность и условия использования **электронного ключа защиты SCADA-программ и инсталляции программ** на другую операторскую станцию.

Многие другие требования к SCADA-системе (по способности решения задач разработчика АСУТП, по удобству интерфейса разработчика и оператора-технолога, по надежности ПО) вполне удовлетворительно решены всеми предлагаемыми на рынке SCADA-системами.

Проектирование АСУТП следует рассматривать не как проектирование автономной, отдельно взятой системы, а как проектирование системы, которая должна иметь различного вида **связи с соседними и смежными системами**: с системами оперативно-диспетчерского управления, управления энергоснабжением, управления производством, информационной системой производства (АСОДУ, АСКУЭ, АСУП, РІ и т. д.).

Также АСУТП должна учитывать необходимость подготовки и передачи оперативной информации в корпоративные сети ряда предприятий и управляющей компании.

«Пирамида» управления предприятием представлена в разделе 1.5.3 главы 1.

Вместе с тем следует помнить, что выбираемая SCADA-система оказывает **влияние на выбор оборудования контроллерного и полевого уровней**. Поэтому выбор SCADA-систем должен быть официально представлен всем проектировщикам АСУТП, в том числе проектировщикам подрядных организаций.

### 19.6.3. Создание собственного ПО для задач АСУТП

Приобретение на рынке SCADA-системы является основным способом проектирования программного обеспечения АСУТП.

Другой способ – создание ПО силами разработчика с привлечением соисполнителей. Этот способ разработки ПО применять не рекомендуется, имея в виду следующее:

- более длительный срок разработки;
- сложность обкатки (тестирования) ПО на фирме-разработчика;
- неизбежная текучесть специалистов разработчика за период жизненного цикла АСУТП;
- сравнительно низкая квалификация разработчиков ПО относительно квалификации специализированного персонала фирм-производителей SCADA-ПО;
- более высокие финансовые затраты на собственную разработку, чем на использование «рыночной» SCADA-системы.

## 19.7. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Термин **спецификация** в системе проектной документации для строительства означает текстовый проектный документ, определяющий состав оборудования, изделий и материалов, предназначенных для комплектования, подготовки и осуществления строительства (ГОСТ 21.110-95).

В спецификации по данному ГОСТу (п. 4.2) включают все оборудование, изделия и материалы, предусмотренные рабочими чертежами.

Спецификацию, как правило, (п. 4.3 ГОСТа) составляют по разделам (подразделам), состав которых и последовательность записи в них оборудования, изделий и материалов устанавливаются соответствующими стандартами СПДС.

По ГОСТ 21.408-93 спецификация состоит из ряда разделов.

Предполагаем размещать технические средства АСУТП по следующим разделам и подразделам:

- раздел 1:
  - средства автоматизации (первичные преобразователи, исполнительные устройства, вторичные приборы, комплексы технических средств полевого уровня);
  - электроаппараты, в том числе блоки питания, нормализаторы, барьеры искробезопасности и др.);
  - кабели и провода;
  - трубопроводная арматура;
  - трубы и трубные блоки;
  - монтажные изделия;
  - материалы;
  - технические средства автоматизации, поставляемые комплектно с оборудованием;
- раздел 2:
  - средства вычислительной и информационной техники (микроконтроллеры, серверы, рабочие станции оператора, табло коллективного пользования и др.);
  - технические средства интерфейсов, коммутаторы, повторители и т. д.);
  - кабели и провода, в том числе радиочастотные, оптоволоконные;
  - трубы защитные;
  - монтажные изделия;
  - материалы;
  - технические средства вычислительной и информационной техники, поставляемой комплектно с технологическим и инженерным оборудованием;
- раздел 3:
  - щиты и пульты (подразделы спецификации щита (составного щита) и пульта приведены в главе 17, раздел 17.5.3). Спецификация щитов и пультов С2, как правило, выполняется в виде отдельного документа.

Средства автоматизации, вычислительной и информационной техники записываются в разделы спецификации по параметрическим и объектовым группам.

Спецификация оборудования, изделий и материалов передается заказчику одновременно с основным комплектом рабочих чертежей (п. 4.2.7 ГОСТ 21.101-97)

и учитывается в разделе «прилагаемые документы» ведомости общих данных по рабочим чертежам (п. 4.2.5 ГОСТа).

Спецификация, отмеченная выше, является заказным документом, документом, завершающим проектные работы по техническому обеспечению АСУТП (строки 9/10–9/16 схемы 6.Сх1 и комментарии схемы на листе 6–18).

Следует отметить, что спецификация является одним из документов, наиболее подверженных изменениям, дополнениям и уточнениям.

Разработка ведомости оборудования на стадии «проект» или «утверждаемая часть рабочего проекта» начинается на этапе разработки схем функциональной и организационной структуры и схемы комплекса технических средств, что рассмотрено в строках 1/04–1/10 схемы 6.Сх1, продолжается одновременно с разработкой схемы автоматизации С3.2, схемы структуры комплекса технических средств С1.2, плана расположения КТС С8.2.

На совещании 2 (строки 2/15 и 2/16 схемы 6.Сх1) рассматриваются предложения и решения, предложенные в указанных документах. Далее идет доработка ведомости оборудования до момента сдачи документов проекта или утверждаемой части рабочего проекта в архив для последующей отправки заказчику (строки 4/13, 4/16 схемы 6.Сх1).

В эти сроки проектировщик технического обеспечения обязан отправить заказчику предварительные задания по смежным частям рабочего проекта (помещения АСУТП, электроснабжение, снабжение сжатым воздухом, гидроэнергией, тепло- и хладоносителями, эстакады и проходы кабельные, средства связи и сигнализации).

Указанные задания позволят проектировщикам других частей рабочего проекта разработать проектную документацию и составить необходимые ведомости оборудования и материалов.

После утверждения проекта или утверждаемой части рабочего проекта проектировщик АСУТП проводит в случае необходимости корректировку ведомости оборудования ВОМ (строки 7/14–7/16 схемы 6.Сх1).

Далее по времени разработки рабочей документации технического обеспечения АСУТП проводится доработка, уточнение и согласование (в случае необходимости для «сложных» позиций спецификации) спецификаций, которые отмечены выше.

Спецификация оборудования, изделий и материалов является основным документом для составления сметы на приобретение оборудования, материалов и их монтаж по объекту с АСУТП (строки 10/01–10/13 схемы 6.Сх1).

Спецификации составляются как самостоятельный документ с обозначениями, состоящими из обозначения комплекта чертежей АТХ по ГОСТ 21.101-93 и, через точку, шифра С (С1, С2, С3,...), например: 1207-04-АТХ.С1.

Спецификацию/спецификации оборудования, изделий и материалов включают в ведомость в раздел «Прилагаемые документы» и выдают заказчику в количестве, установленном контрактом/договором на выполнение рабочей документации АСУТП объекта.

## 19.8. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

|                |                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ГОСТ 21.101-97 | СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации                          |
| ГОСТ 21.110-95 | Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов                    |
| ГОСТ 21.408-93 | СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов |
| ГОСТ 24.302-80 | Система технической документации на АСУ. Общие требования к выполнению схем           |
| IEC 61131-3    | Стандарт Международной электротехнической комиссии                                    |

## 19.9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

| Термины                                  | Раздел |
|------------------------------------------|--------|
| Автономный контроллер . . . . .          | 19.2   |
| Аналоговые модули ввода/вывода . . . . . | 19.2.2 |
| Встраиваемые ПЛК . . . . .               | 19.2   |
| Дискретные модули ввода/вывода . . . . . | 19.2.2 |
| Звезда . . . . .                         | 19.3.1 |
| Инсталляция программы . . . . .          | 19.6.3 |
| Инструментальное ПО. . . . .             | 19.6.3 |
| Источник энергии . . . . .               | 19.3.4 |
| Коммутатор . . . . .                     | 19.3.4 |
| Концентратор. . . . .                    | 19.3.4 |
| Контроллер . . . . .                     | 19.2   |
| Кольцо . . . . .                         | 19.3.1 |
| Маршрутизатор, роутер . . . . .          | 19.3.4 |
| Мастер-подчиненный . . . . .             | 19.3.2 |
| Масштабируемость. . . . .                | 19.6.3 |
| Модульный ПЛК. . . . .                   | 19.2   |
| Моноблочный ПЛК . . . . .                | 19.2   |
| Мост . . . . .                           | 19.3.4 |
| Обучение персонала . . . . .             | 19.6.3 |
| Операционная система . . . . .           | 19.6.3 |
| Повторитель . . . . .                    | 19.3.4 |
| Последовательная передача . . . . .      | 19.3.2 |
| Преобразователь интерфейсов . . . . .    | 19.3.4 |
| Репитер . . . . .                        | 19.3.4 |
| Ретранслятор . . . . .                   | 19.3.4 |
| Сервер. . . . .                          | 19.5   |

|                                                      |        |
|------------------------------------------------------|--------|
| Сервер базы данных . . . . .                         | 19.5.1 |
| Сервер ввода/вывода. . . . .                         | 19.5.1 |
| Слот . . . . .                                       | 19.2.5 |
| Сопроводительная документация . . . . .              | 19.6.3 |
| Стоимостная оценка . . . . .                         | 19.6.3 |
| Техническая документация на SCADA-программы. . . . . | 19.6.3 |
| Техническая поддержка . . . . .                      | 19.6.3 |
| Текстовый язык ПЛ . . . . .                          | 19.6.1 |
| Тип контроллеров . . . . .                           | 19.6.3 |
| Трансивер . . . . .                                  | 19.3.4 |
| Усилитель . . . . .                                  | 19.3.4 |
| Хаб. . . . .                                         | 19.3.4 |
| Шина . . . . .                                       | 19.3.1 |
| Шлюз . . . . .                                       | 19.3.4 |
| Электронный ключ защиты. . . . .                     | 19.6.3 |
| Язык LD. . . . .                                     | 19.6.1 |
| Язык ST . . . . .                                    | 19.6.1 |
| Язык SFC . . . . .                                   | 19.6.1 |
| Язык SBD . . . . .                                   | 19.6.1 |
| PC-совместимый контроллер . . . . .                  | 19.2   |

### Клиент-серверная структура АСУТП

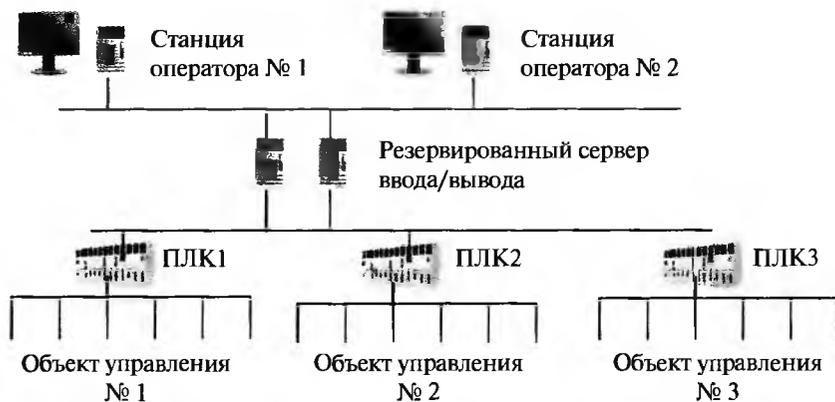


Схема 19.Сх1

### Классификация контроллеров АСУТП

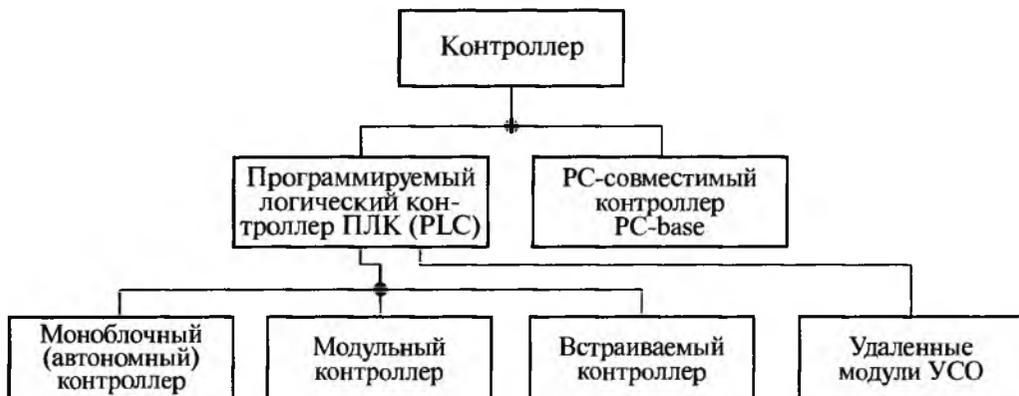


Таблица 19.Т1

## Выбор модулей ввода/вывода сигналов (форма таблицы)

| ПЛК, модуль, вкл. в одн./вывода | Фирма                        |                   |                          | Число модулей |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------|
|                                 | Требуемое число человек      | Каталоговый номер | Число вводов на 1 модуль |               |
| ПЛК № 1                         |                              |                   |                          |               |
| Дискретный ввод DI              | =24 В ОК                     |                   |                          |               |
|                                 | ~220 В ОК                    |                   |                          |               |
|                                 | ~24 В СК                     |                   |                          |               |
|                                 | =24 В с общим +              |                   |                          |               |
|                                 | =24 В с общим –              |                   |                          |               |
| Дискретный вывод DO             | =24 В с общим +              |                   |                          |               |
|                                 | =24 В с общим –              |                   |                          |               |
|                                 | ~220 В                       |                   |                          |               |
|                                 | ~220 В с электронной защитой |                   |                          |               |
|                                 | Реле ~220 В 0,25 А           |                   |                          |               |
|                                 | Реле ~220 В 0,5 А            |                   |                          |               |
|                                 | Реле =24 В 2 А               |                   |                          |               |
| Аналоговый ввод AI              | 4–20 мА                      |                   |                          |               |
|                                 | 0–10 В DC (постоянный ток)   |                   |                          |               |
|                                 | Термометр сопротивления      |                   |                          |               |
|                                 | Термопара                    |                   |                          |               |
| Аналоговый вывод AO             | 4–20 мА                      |                   |                          |               |
|                                 | ±10 В                        |                   |                          |               |

*Примечание.*

ОК – открытый коллектор (транзистор);

СК – «сухой контакт» реле.

Таблица 19.Т2

## Среднее число сигналов ввода/вывода в модуле ПЛК

| Вид модуля ввода/вывода |          | Вид сигнала                           | Число сигналов |
|-------------------------|----------|---------------------------------------|----------------|
| Дискретный              | Ввод DI  | Постоянный ток                        | 16             |
|                         |          | Переменный ток                        | 16             |
|                         | Вывод DO | Постоянный ток                        | 16             |
|                         |          | Переменный ток (напряжение до 48 В)   | 16             |
|                         |          | Переменный ток (напряжение выше 48 В) | 8              |
|                         |          | Релейный (напряжение до ~120 В)       | 16             |
|                         |          | Релейный (напряжение ~220 В)          | 8              |
| Аналоговый              | Ввод AI  | Все виды сигналов                     | 8              |
|                         | Вывод AO | Все виды сигналов                     | 4              |

Таблица 19.Т3

## Оценка необходимой памяти ЦПУ

| Вид обработки                                           |            | Объем памяти на единицу, бит | Объем памяти на обработку, бит |
|---------------------------------------------------------|------------|------------------------------|--------------------------------|
| Наименование                                            | Количество |                              |                                |
| Задача ЦПУ                                              |            | 4000                         |                                |
| Канал дискретного ввода/вывода                          |            | 400                          |                                |
| Канал аналогового ввода/вывода                          |            | 2600                         |                                |
| Модули ввода/вывода, коммуникационной связи, интерфейса |            | 2000                         |                                |
| ПИД-регулирование, позиционирование                     |            | 800                          |                                |
| Всего на ЦПУ                                            | —          | —                            |                                |

Таблица 19.Т4

## Потребление тока и мощности модулями ПЛК (ориентировочное значение)

| Модуль                              | Потребляемый ток        |                      | Максимальная потребляемая мощность, Вт |     |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------------|-----|
|                                     | на шине шины            | от источника питания |                                        |     |
| Центральный процессорный модуль ЦПУ | Поставляет в шину 1,0 А | 1,0 А                | 10                                     |     |
| Интерфейсный модуль ИМ              | Поставляет в шину 0,8 А | 0,5                  | 5                                      |     |
| Модуль дискретного ввода            | DI 16, =24 В            | 55 мА                | 40 мА                                  | 4   |
|                                     | DI 16, ~120/220 В       | 30 мА                | —                                      | 5   |
| Модуль дискретного вывода           | DO 16; =24 В            | 80 мА                | 120 мА                                 | 5   |
|                                     | DO 16; ~48 В            | 190 мА               | 3 мА                                   | 5   |
|                                     | DO 8; ~12 В             | 100 мА               | 2 мА                                   | 4,5 |
| Модуль релейного вывода             | DO 16; ~120 В           | 100 мА               | 250 мА                                 | 5   |
|                                     | DO 8; ~220 В            | 40 мА                | 110 мА                                 | 2,5 |
| Модуль аналогового ввода            | AI 8                    | 60 мА                | 200 мА                                 | 1,5 |
| Модуль аналогового вывода           | AO 4                    | 60 мА                | 240 мА                                 | 3   |

Таблица 19.Т5

## Пример составления баланса токов и мощностей ПЛК

| Модуль                       | Количество модулей | Потребляемый ток    |                          | Потребляемая мощность, Вт |
|------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|
|                              |                    | из шинной шины, мА  | от источника питания, мА |                           |
| Блок питания, 2 А            | 1                  | —                   | —                        | Потери 10                 |
| ЦПУ                          | 1                  | —                   | 1000                     | 10                        |
| Дискретный ввод DI 16; 24 В  | 2                  | $2 \times 55 = 110$ | $2 \times 40 = 80$       | $2 \times 4 = 8$          |
| Дискретный вывод DO 16; 24 В | 1                  | 80                  | 120                      | 5                         |
| Релейный вывод DO 8; 220 В   | 1                  | 40                  | 110                      | 2,5                       |
| Аналоговый ввод AI 8         | 2                  | $2 \times 60 = 120$ | $2 \times 200 = 400$     | $2 \times 1,5 = 3$        |
| Аналоговый вывод AO 4        | 1                  | 60                  | 240                      | 3                         |
| Всего                        | —                  | 410                 | 1950                     | 41,5                      |

Таблица 19.Т6

## Основные характеристики промышленных сетей

| Характеристика                           | Уровень сети   |                             |
|------------------------------------------|----------------|-----------------------------|
|                                          | пожвой/сетевой | контрольный                 |
| Максимальная длина сети, км              | 0,1–10         | 1                           |
| Время цикла передачи, с                  | 0,1–10         | 0,01–1                      |
| Объем данных, передаваемых за цикл, байт | 1–8            | 8–1000                      |
| Доступ к шине                            | Свободный      | Фиксированный/<br>свободный |
| Цена среды передачи                      | Очень низкая   | Низкая                      |
| Цена подключения одного узла, EUR        | 10–100         | 150–500                     |

## Характеристики промышленных сетей некоторых фирм

| Шина<br>Протокол    | Разработчик<br>Год                                    | Топология<br>сети                    | Физиче-<br>ская ли-<br>ния связи                | Число<br>устройств<br>(узлов) | Пита-<br>ние по<br>сети | Максимальная<br>длина линий                    | Скорость<br>обмена     | Прин-<br>цип до-<br>ступа | Объем<br>переда-<br>ваемых<br>данных в<br>цикле | Стандарт            |
|---------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| <i>Полевые сети</i> |                                                       |                                      |                                                 |                               |                         |                                                |                        |                           |                                                 |                     |
| ASI                 | ASI (1993)<br>США, 1989                               | Шина, коль-<br>цо, дерево,<br>звезда | Двух-<br>жильный<br>кабель,<br>специаль-<br>ный | 31<br>кристалл                | Да                      | 100 м, ретранс-<br>ляция<br>300 м              | 167 кбит/с             | Мастер                    | 4 бит                                           | EN50295             |
| Device Net          | Allen Bradley<br>1996                                 | Шина                                 | 4 жилы                                          | 64<br>кристалл                |                         | 500 м / 125 кбит/с<br>100 м / 500 кбит/с       | 500 кбит/с             | Произ-<br>воль-<br>ный    | 8 бит                                           | Открытый            |
| HART                | Rosemount<br>США, 1985                                | Точка-точка,<br>шина, звезда         | ВП                                              | Ех<br>15                      | Да                      | 3 км                                           | 1,2 кбит/с             | Мастер                    | —                                               | Bell202             |
| FF (H1)             | США, 1994                                             | Шина, звезда                         | ВП                                              | Ех<br>240<br>кристалл         | Да                      | 2 км, максималь-<br>но 9,5 км                  | 31,25 кбит/с           | Произ-<br>воль-<br>ный    | 64 бит                                          | Открытый            |
| INTERBUS            | Phoenix Contact<br>США, 1984                          | Звезда, коль-<br>цо                  | ВП, ВОК                                         | Ех<br>255<br>кристалл         |                         | 400 м – сегмент,<br>максимально<br>12,8 км     | 500 кбит/с<br>2 Мбит/с | Маркер                    | 64 бит                                          | EN50253             |
| Modbus              | Schneider Electric<br>США, 1985                       | Шина, звезда                         | не специ-<br>фициро-<br>вана                    | 247                           | Нет                     | 15 м – RS232<br>1200 – RS422<br>1000 – 4–20 мА | 0,6–19,2<br>кбит/с     | Мастер                    |                                                 | PIMBUS300           |
| Profibus-PA         | Bosch, Siemens,<br>Klockner Moeller<br>Германия, 1995 | Шина, коль-<br>цо, звезда            | ВП, ВОК                                         | 127<br>Ех                     | Да                      | 24 км ВОК                                      | 31 кбит/с              | 32-мас-<br>тер            | 32 бит                                          | DIN19245<br>EN50170 |

| <i>Контроллерные сети</i>                           |                            |                         |                              |                 |  |                                                  |                           |                                          |         |                        |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------|--|--------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------|------------------------|
| BitBus                                              | Intel<br>США, 1984         | Шина, звезда,<br>кольцо | КК, ВП                       | 250<br>кристалл |  | 1 км                                             | 500 кбит/с<br>1200 кбит/с | Мастер                                   | 248 бит | IEEE 1118              |
| ControlNet                                          | Allen Bradley<br>США, 1996 | Шина, звезда,<br>дерево | КК, ВП                       | 99<br>ASIC      |  | 1 км (КК)<br>3 км (ВОК)<br>30 км трансля-<br>ция | До 5 Мбит/с               | Децент-<br>рализа-<br>ция                | 510 бит | Открытый               |
| FF (H2)                                             | США, 1994                  | Шина                    | ВП, ВОК                      |                 |  | 100 м – ВП<br>2 км – ВОК                         | 100 Мбит/с                | Произ-<br>воль-<br>ный                   | 64 бит  | Открытый               |
| Modbus plus                                         | Schneider Electric<br>США  | Шина                    | ВП                           | 32<br>кристалл  |  | 1,8 км                                           | 1 Мбит/с                  | Децент-<br>рализа-<br>ция                | 32 бит  | propriaty              |
| Profibus-DP<br>-FMS                                 | Siemens<br>Германия, 1986  | Шина, звезда,<br>кольцо | ВП, ВОК                      | 127             |  | *                                                | 500 кбит/с<br>1,5 Мбит/с  | Мастер                                   | 512 бит | EN50170                |
| <i>Полевые и контроллерные (универсальные) сети</i> |                            |                         |                              |                 |  |                                                  |                           |                                          |         |                        |
| CANBUS                                              | Германия, 1988             | Шина                    | ВП                           | 30<br>кристалл  |  | 1 км – 20 кбит/с<br>40 м – 1 Мбит/с              | 50–1000<br>кбит/с         | CSMA/<br>CM                              | 8 бит   | ISO 11898<br>ISO 11519 |
| Device Net                                          | (см. выше)                 |                         |                              |                 |  |                                                  |                           |                                          |         |                        |
| FF (H1+H2)                                          | (см. выше)                 |                         |                              |                 |  |                                                  |                           |                                          |         |                        |
| FIP                                                 |                            | Шина                    | ВП                           | 256<br>кристалл |  | 2 км – 1 Мбит/с                                  | 25 Мбит/с                 | Децент-<br>рализа-<br>ция                | 32 бит  | EN50170                |
| LONWorks                                            | Echelon<br>США, 1996       | Шина, дерево            | ВП, ВОК<br>силовой<br>кабель | 64<br>кристалл  |  | 6,1 км – 5 Мбит/с                                | 1,2 Мбит/с                | Децент-<br>рализа-<br>ция<br>CSMA/<br>CM | 228 бит | ANSI                   |
| Profibus PA                                         | (см. выше)                 |                         |                              |                 |  |                                                  |                           |                                          |         |                        |

\* 1500 м – FMS; 1500–12000 м – DP; 1200 м; 25 км – ВОК.

Таблица 19.Т8

## Сравнительные характеристики основных топологий

| Сравнительные характеристики | Звезда                                                  | Кольцо                                                     | Шина                                                       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Режим доступа                | Доступ и управление через центральный узел              | Децентрализованное управление. Доступ от узла к узлу       | Возможен централизованный и децентрализованный доступ      |
| Надежность                   | Сбой центрального узла – сбой всей системы              | Разрыв линии связи приводит к сбою всей сети               | Ошибка одного узла не приводит к сбою всей сети            |
| Расширяемость                | Ограничено числом физических портов на центральном узле | Возможно расширение числа узлов, но время ответа снижается | Возможно расширение числа узлов, но время ответа снижается |

Таблица 19.Т9

## Характеристики различных сред передачи данных

| Условные единицы                  | Витая пара | Радиоканал     | ИК-канал               | Коваксальный кабель | Оптоволокно    |
|-----------------------------------|------------|----------------|------------------------|---------------------|----------------|
| Типовой диапазон, м               | 1–1000     | 50–100 000     | Единицы – сотни метров | 10–10 000           | 10–10 000      |
| Типовая скорость передачи, кбит/с | 0,3–2000   | 1,2–9,6 Мбит/с | 115,2–5000             | 300–10 000          | 1–100 000      |
| Относительная цена узла, USD      | 10–30      | 50–100         | 20–50                  | 30–50               | 75–200         |
| Затраты на установку              | Низкие     | Высокие        | Средние                | Средние             | Средне-высокие |

## ГЛАВА 20. ЗАДАНИЯ ПО СМЕЖНЫМ РАЗДЕЛАМ ПРОЕКТА

|                                                                                                                | Лист  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 20.1. Введение . . . . .                                                                                       | 20-1  |
| 20.2. Общие требования . . . . .                                                                               | 20-1  |
| 20.3. Оформление задания . . . . .                                                                             | 20-4  |
| 20.4. Задание на проектирование помещений<br>для размещения комплекса средств АСУТП . . . . .                  | 20-6  |
| 20.4.1. Общие положения . . . . .                                                                              | 20-6  |
| 20.4.2. Основные требования . . . . .                                                                          | 20-7  |
| 20.5. Задание на обеспечение системы электроэнергией . . . . .                                                 | 20-15 |
| 20.5.1. Общие положения . . . . .                                                                              | 20-15 |
| 20.5.2. Текстовая часть задания . . . . .                                                                      | 20-16 |
| 20.5.3. Общие требования . . . . .                                                                             | 20-16 |
| 20.5.4. Графическая часть задания . . . . .                                                                    | 20-20 |
| 20.6. Задание на обеспечение системы сжатым воздухом . . . . .                                                 | 20-20 |
| 20.7. Задание на обеспечение системы гидравлической энергией . . . . .                                         | 20-21 |
| 20.8. Задание на обеспечение системы теплоносителем и хладагентом . . . . .                                    | 20-22 |
| 20.9. Задание на кабельные сооружения, проемы и закладные устройства . . . . .                                 | 20-24 |
| 20.10. Задание на обеспечение системы средствами связи<br>и сетями передачи данных . . . . .                   | 20-25 |
| 20.11. Задание на размещение элементов автоматики<br>на технологическом оборудовании и трубопроводах . . . . . | 20-28 |
| 20.12. Задание на проектирование подразделения АСУТП . . . . .                                                 | 20-29 |
| 20.12.1. Общие положения . . . . .                                                                             | 20-29 |
| 20.12.2. Задание соисполнителю . . . . .                                                                       | 20-30 |
| 20.12.3. Организационная структура и штаты подразделения . . . . .                                             | 20-31 |
| 20.12.4. Задания на помещения подразделения . . . . .                                                          | 20-32 |
| 20.12.5. Заключение . . . . .                                                                                  | 20-34 |
| 20.13. Выводы . . . . .                                                                                        | 20-34 |
| 20.14. Нормативно-технические документы,<br>на которые имеются ссылки в данной главе . . . . .                 | 20-36 |
| 20.15. Перечень основных терминов, примененных в данной главе . . . . .                                        | 20-38 |

### Перечень приложений

|                                                                                                                                                        |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 20.Пр1. Закладная конструкция для размещения элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах (от разработки до монтажа) . . . . . | 20-39 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

### Перечень рисунков

|                                                                  |       |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| 20.Р1. Формы заданий по смежным разделам проекта АСУТП . . . . . | 20-42 |
|------------------------------------------------------------------|-------|

### Перечень таблиц

|                                                                                                                                                                                 |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 20.Т1. Разделы задания, в которых учитываются требования к смежным разделам проекта . . . . .                                                                                   | 20-45 |
| 20.Т2. Технические материалы, используемые для разработки задания . . . . .                                                                                                     | 20-46 |
| 20.Т3. Распределение ответственности должностных лиц проектировщика системы за получение и использование материалов . . . . .                                                   | 20-47 |
| 20.Т4. Перечень помещений и зданий АСУТП с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности . . . . .                                                                 | 20-48 |
| 20.Т5. Оптимальные нормы температуры относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений . . . . . | 20-49 |

|                                                                                                                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 20.Т6. Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ . . . . .                                                                                         | 20-49 |
| 20.Т7. Система отопления. . . . .                                                                                                                                  | 20-49 |
| 20.Т8. Нормируемые показатели освещения некоторых помещений общественных<br>и вспомогательных зданий . . . . .                                                     | 20-51 |
| 20.Т9. Перечень зданий, сооружений и помещений,<br>подлежащих защите автоматическими установками<br>пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации . . . . . | 20-54 |
| 20.Т10. Примеры заполнения таблицы задания . . . . .                                                                                                               | 20-56 |
| 20.Т11. Предусмотренное число душевых, умывальников и специальных устройств . . . . .                                                                              | 20-65 |
| 20.Т12. Нормы площади помещения на 1 чел., единицу оборудования. . . . .                                                                                           | 20-67 |
| 20.Т13. Перечень приборов, аппаратов, материалов и монтажных работ<br>с разделением их учета в рабочей документации . . . . .                                      | 20-68 |

## 20.1. ВВЕДЕНИЕ

Глава 6 пособия посвящена организации выполнения рабочего проекта. Большое внимание в главе уделено организации разработки требований и заданий по смежным разделам проекта АСУТП. Раздел пособия 6.3.2 содержит требования по смежным частям на стадии разработки утверждаемой части АСУТП.

В разделе 6.4 в комментариях к блок-схеме 6.Сх1 отмечены процедуры по подготовке и передаче заказчику заданий по смежным разделам проекта АСУТП.

В разделе 6.5 особые требования дополнительно акцентируют внимание проектировщиков АСУТП всех рангов и должностей на необходимость своевременной и качественной подготовки и реализации заданий по смежным разделам.

Необходимость комплексного подхода к проектированию АСУТП, срокам и взаимодействию при проектировании различных марок (разделов, частей) проектной документации для строительства технологического объекта управления показана в главе 1, в разделе 1.2.4 и таблице 1.Т2.

В очередной раз напомним о безусловной необходимости самого серьезного отношения всех проектировщиков АСУТП к своевременному выдвигению требований и условий по смежным разделам (частям) проекта АСУТП.

## 20.2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**Задание** – определяющий комплекс требований по обеспечению АСУТП необходимыми условиями ее функционирования и работоспособности технологического объекта управления.

Задание содержит основные технические требования и параметры:

- помещений АСУТП;
- энергоносителей, используемых АСУТП;
- конструктивных устройств для установки оборудования и прокладки сетей передачи информации;
- элементов сопряжения/соединения технических средств АСУТП с элементами ТОО (технологическое оборудование и трубопроводы, электротехническое оборудование и устройства и т. п.);
- систем жизнедеятельности оперативного и обслуживающего персонала (отопление, вентиляция, канализация, связь, технологическая сигнализация, пожарная сигнализация, пожаротушение и др.).

Требования к заданию исходят из того условия, что задание будет реализовываться проектным подразделением (институтом, бюро, группой и др.), персонал которого имеет право и опыт проектирования смежных разделов проекта ТОО.

Объем сведений, приводимых в технических требованиях задания к смежным разделам проекта, должен обеспечивать правильное выполнение задания при однозначном их толковании.

Задание выполняют в соответствии с требованиями стандартов Системы проектной документации для строительства (СПДС).

При составлении задания для объектов со взрывоопасными и взрывопожароопасными производствами следует наряду с настоящими рекомендациями учиты-

вать специальные требования к проектированию таких производств. В этом случае задание должно содержать конкретные требования, изложенные в «Общих правилах взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540-03, главах 7.3 и 7.4 ПУЭ, «Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов» ВСН 205-84 ММС СССР. При составлении задания для проектирования этих объектов следует учитывать требования отраслевых НТД.

В данной главе излагается содержание, методика выполнения и порядок выдачи заданий заказчику (генпроектировщику или генподрядчику) на проектирование в смежных разделах проекта системы автоматизации или АСУТП:

– помещений для размещения устройств комплекса технических средств (Зд.АС); АТХ.Зд.АС;

– обеспечение электроэнергией (Зд.ЭС); АТХ.Зд.ЭС;

– обеспечение сжатым воздухом (Зд.ВС); АТХ.Зд.ВС;

– обеспечение гидравлической энергией (Зд.ТЧС); АТХ.Зд.ТЧС;

– обеспечение теплоносителем/хладагентом (Зд.ХС); АТХ.Зд.ХС;

– кабельное сооружение, проемы и закладные устройства (Зд.КЖ); АТХ.Зд.КЖ;

– связь и сигнализация (Зд.СС); АТХ.Зд.СС1;

– сети передачи данных (Зд.СС2); АТХ.Зд.СС2;

– размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах (Зд.ТХ, Зд.ВК, Зд.ОВ, ... в соответствии с маркой и наименованием раздела основного проекта); АТХ.Зд.Тх (в общем случае).

Задание на проектирование помещений для размещения устройств комплекса технических средств Зд.АС является комплексным, собирательным документом, в состав которого в общем случае входят разделы (части):

– собственно архитектурно-строительная часть АТХ.Зд.АС.АС;

– кабельные каналы, проемы АТХ.Зд.АС.КЖ;

– отопление, вентиляция и кондиционирование АТХ.Зд.АС.ОВ;

– водопровод и канализация АТХ.Зд.АС.ВК;

– электроосвещение АТХ.Зд.АС.ЭО;

– пожарная сигнализация и пожаротушение АТХ.Зд.АС.ПС.

Формы всех перечисленных заданий приведены в таблице 20.Т10.

Таким образом, задание на проектирование пожарной сигнализации и пожаротушения является составной частью объединенного задания на проектирование помещений системы.

В то же время электроснабжение устройств автоматизации и вычислительной техники, устройства связи и сигнализации, размещенные в помещениях системы, проектируется на основе заданий АТХ.Зд.ЭС и АТХ.Зд.СС в целом по технологическому объекту управления.

Задание в дальнейшем по тексту именуется как задание, при необходимости указывается его конкретное наименование и/или индекс.

Кроме перечисленных выше заданий на смежные разделы проекта, как указано в таблице 1.Т2, предполагается выдача заданий на штаты, генплан, эстакаду, силовое электрооборудование ЭМ, смету, проект организации строительства ПОС и охрану окружающей среды ООС.

Служба эксплуатации средств АСУТП в общем случае включает подразделения эксплуатации, ремонта и поверки технических и программных средств. Штаты службы эксплуатации зависят от различных факторов, среди которых отметим следующее:

- состав технического и программного обеспечения проектируемой АСУТП;
- структура и квалификация персонала имеющейся службы эксплуатации на предприятии, для которого проектируется АСУТП конкретного ТОО;
- возможность обслуживания и ремонта средств АСУТП сторонними специализированными фирмами.

Вопросы, связанные с вводом в действие проектируемой АСУТП, проектировщику АСУТП следует решить совместно с заказчиком и/или генеральным проектировщиком, после чего оформить задание на штаты по согласованной с ним/ними форме.

Вопросы, связанные с заданием по разделу «Электросиловое оборудование ЭМ», изложены в разделе 1.4.3 главы 1.

Задания на генплан и на эстакаду в случае наружных проводок и использования эстакады являются составной частью задания на кабельные сооружения, проемы и закладные части. Подобные задания могут оформляться отдельными частями общего задания в сроки, необходимые для последовательного выполнения комплексного проекта по таблице 1.Т2 и согласованные с заказчиком или генеральным проектировщиком.

Задания на выполнение смет, ПОС и ООС следует выполнять по формам организаций, которые выполняют соответствующие разделы комплексного проекта.

Процедуры по разработке задания на смету и составлению сметы приведены в главе 6, на схеме 6.Сх1, листы 9 и 10 с соответствующими комментариями раздела 6.4.

Задания по различным смежным разделам проекта должны быть увязаны между собой и должны учитывать особенности выполнения проектов смежных разделов различными подразделениями и различными организациями. В общем случае задание должно содержать требования к смежным разделам проекта, которые перечислены в таблице 20.Т1.

В таблице указаны задания и требования по маркам основных комплектов чертежей в соответствии с ГОСТ 21.101-97.

В таблице знаками отмечены:

+ – обязательное включение в задание требований по маркам основных комплектов РД;

(+) – возможное включение требований по маркам РД;

\* – возможное дополнительное задание по маркам основного комплекта РД от проектировщика данного смежного раздела проекта, которое составляется им после получения задания от проектировщика АСУТП.

В задании должны быть:

– четко определены границы проектирования между разделом автоматизация, АСУТП и любым смежным разделом проекта;

– указаны устройства, элементы, материалы и т. п., включение которых должно быть предусмотрено в спецификации и ведомости соответствующего смежного раздела проекта;

– указаны устройства, элементы, материалы, которые должны быть включены в спецификации и ведомости раздела автоматизация, АСУТП.

Применяемые в системе средства автоматизации, вычислительной техники, передачи данных и др., материалы (кабели, оптокабели, трубы и т. п.) должны соответствовать требованиям стандартов или технических условий, иметь соответствующий сертификат применяемости, утвержденный в установленном порядке.

Элементы комплекса технических средств системы должны соответствовать условиям и параметрам окружающей среды, условиям и параметрам возможного энергообеспечения (электроснабжение, энергоносители и пр.), соответствующим нормам и стандартам на них.

**Согласование вопросов размещения помещений системы, основных направлений прокладки трасс системы, размещения отборных устройств и первичных приборов, снабжения энергоносителями (в том числе гидроснабжение, сжатый воздух, теплоноситель и хладагент) должно быть проведено в процессе разработки проекта системы до составления задания и передачи его заказчику (генпроектировщику или генподрядчику).**

Для составления задания по смежным разделам обеспечения используются следующие технические материалы (таблица 20.Т2). Материалы скомпонованы в пять групп, которые соответствуют источникам их разработки:

– материалы заказчика (генпроектировщика или генподрядчика), в том числе по технологическому и электротехническому оборудованию;

– материалы типовые, повторного применения; общегосударственные, отраслевые стандарты и правила и т. п.;

– материалы предприятий, организаций (фирм) – изготовителей и/или поставщиков оборудования системы;

– материалы внутренней проектной разработки авторов системы, которые:

- требуют согласования с заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) и органами надзора;
- не требуют согласований с другими организациями.

### 20.3. ОФОРМЛЕНИЕ ЗАДАНИЯ

Задание является документом, представляющим из себя организованную совокупность текстовых и графических материалов, скомпонованных по перечисленным выше смежным разделам проекта.

Задание составляется на стадии проекта, рабочего проекта, рабочей документации по СНиП 11.01-95, после проработки принципиальных проектных решений.

На стадии рабочей документации по согласованию с заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) задание может при необходимости дополняться или корректироваться с учетом изменений основных решений по сравнению с утвержденным проектом.

Предварительное задание по смежным разделам составляется проектировщиком АСУТП на стадиях проекта (ТЭО), рабочего проекта, что показано в главе 6, на схеме 6.Сх1, лист 8, в сроки, согласованные с заказчиком в соответствии с общей последовательностью проектирования по главе 1, по таблице 1.Т2 (строка АТХ, затемненные кружки).

Задание служит документом, на основании которого заказчик (генпроектировщик или генподрядчик) должен организовать проектирование требуемого смежного раздела проекта с целью обеспечения системы достаточными условиями для ее функционирования.

Задание представляет собой единый документ, составленный из набора отдельных заданий по смежным разделам проекта. Каждое задание по смежным разделам проекта является отдельным документом и имеет сквозную нумерацию листов всех материалов данного задания, начиная с 1. Это позволяет проводить независимое согласование, изменение, дополнение и замену данного задания, если таковые не затрагивают задания по другим смежным разделам проекта.

Задание на проектирование каждого смежного раздела проекта составляется по материалам, соответствующим ГОСТ 21.101-97. При этом заданию присваивается самостоятельное обозначение. Обозначение состоит из обозначения основного комплекта рабочей документации по автоматизации (рабочих чертежей) – XXXXXXXX-АТХ (АК и т. п.), по таблице 1.Т1 главы 1, соответствующей таблице 1 ГОСТ 21.101-97, через точку, шифра Зд и далее, через точку, марки комплекта рабочей документации смежного раздела проекта ТХ, АС, ВК и т. д., например ПП1803-АТХ.Зд.ЭС. Если необходимо составление нескольких заданий для одного и того же смежного раздела проекта, то после марки этой части проставляется порядковый номер задания в пределах данного раздела проекта (ТХ2, АС4, ...).

Задание по смежным разделам проекта либо брошюруются в одну общую книгу, либо каждое из заданий комплектуется в отдельную книгу. Каждая книга задания имеет этикетку и титульный лист, выполненные на листах формата А4 по форме, принятой в организации – авторе задания.

Задание должно содержать текстовые материалы и графические материалы. Задание можно выполнять в виде текстового материала.

Текстовый материал включает в себя поясняющий текст с конкретными требованиями и их сводную таблицу или таблицы с перечнем и требуемыми характеристиками вида обеспечения системы (помещение, освещение, электропитание, хладагент и др.).

Графический материал состоит из необходимых чертежей и эскизов размещения оборудования и отдельных элементов (граничных с другими разделами проекта) КТС системы и их привязки к технологическим и строительным чертежам ТОО.

Заполнение и размеры граф таблиц задания, приведенных в главе, могут при необходимости уточняться проектными организациями с учетом специфики работ по проектированию системы в обслуживаемых отраслях промышленности.

Оформление задания подписями должностных лиц производится в соответствии с действующим в проектной организации порядком.

В каждой проектной организации должны быть определены должностные лица, которые отвечают за поиск, получение и использование материалов, необходимых при разработке задания. Примерное распределение ответственности за должностными лицами проектной организации приведено в таблице 20.Т3.

Задание выдается заказчику (генпроектировщику или генподрядчику) в двух экземплярах в процессе проектирования и в состав проектной документации не включается. Согласованный заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) экземпляр задания возвращается разработавшей его организации. Согласова-

ние также может быть подтверждено письмом или протоколом. Согласованное задание, протокол или письмо согласования хранятся до полной реализации проекта.

## **20.4. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ АСУТП**

### **20.4.1. Общие положения**

Задание АТХ.Зд.АС составляется с целью проектирования помещений системы, в которых размещается комплекс программно-технических средств АСУТП, оперативный и обслуживающий персонал. К таким помещениям относятся:

- диспетчерские и операторские залы;
- аппаратные и щитовые (для диспетчерских и операторских залов);
- помещения системных программистов;
- помещения обслуживающего персонала;
- помещения поверочного оборудования и ЗИПа;
- аппаратные (щитов автоматизации, связи, кроссовые и т. д.).

Согласно данному заданию выполняется проектирование:

- в архитектурно-строительном разделе проекта – строительной части помещения, кабельных сооружений, проемов и закладных устройств в помещениях;
- в сантехническом разделе систем отопления, вентиляции и кондиционирования, местных отсосов воздуха у рабочих мест и т. п. по СНиП 2.04.05-91\*;
- в разделе «Водопровод и канализация» – систем внутреннего холодного и горячего водоснабжения и канализации по СНиП 2.04.01-85\* (для оперативного и обслуживающего персонала системы в помещениях обслуживающего персонала, поверочного оборудования, санитарно-технических узлах);
- в разделе «Электрическое освещение» – систем рабочего, аварийного и дежурного освещения помещений системы по СНиП 23-05-95;
- в разделе «Пожарная и охранная сигнализации и пожаротушение» – пожарной сигнализации; пожарного тушения по СНиП 2.04.09-84 и НПБ 22-96, СНиП 21-01-97 (для помещений и кабельных каналов); охранной сигнализации; контроля доступа в помещения.

Авторы смежных разделов проекта, в свою очередь, могут готовить и передавать задания на проектирование иных разделов проекта с целью обеспечения функционирования проектируемых авторами систем и устройств (см. раздел 20.3 и таблицу 20.Т1).

Как показано на блок-схеме 6.Сх1 (глава 6 пособия), в строках 5/01–5/06 определена процедура: «Разработка предварительного задания на помещения АСУТП».

Данная процедура выполняется при разработке утверждаемой части проекта с использованием следующих документов:

- схема организационной структуры СО.2;
- схема функциональной структуры С2.2;
- схемы структуры КТС С1.2;
- плана расположения КТС С8.2.

Предварительное задание содержит перечень помещений с указанием для каждого помещения:

- размеров помещения (длина по фронту оконных проемов, ширина, высота в свету);
- нагрузка на пол в кПа, кгс/м<sup>2</sup>;
- наличие и величина кабельных каналов (длина, ширина, глубина) и/или двойного пола;
- число, категория персонала и режим его работы;
- установленная мощность электрооборудования в кВ·А;
- климатические параметры воздуха (диапазон допустимых температур в °С, диапазон относительной влажности в %, скорость движения воздуха в м/с).

На стадии «рабочая документация» по материалам утверждаемой части проекта архитектурно-строительного раздела разрабатывается окончательное задание на проектирование помещений для размещения комплекса средств АСУТП.

Уточняются данные предварительного задания и указываются необходимые требования к помещениям. Процедуры по подготовке и выдаче заказчику задания АС предусмотрены схемой 6.Сх1, строки 8/13–8/16.

Предварительное и окончательное комплексные задания по АС включают разделы по перечню 6.Т4.

Формы таблиц приведены на рисунке 20.Р1, а примеры заполнения их приведены в таблице 20.Т10.

#### 20.4.2. Основные требования

Проектировщик АСУТП разрабатывает задание на проектирование помещений АСУТП (диспетчерское; операторское; вспомогательное; служебное; программистов; лаборатория приборов, средств автоматизации и вычислительной техники и других, в том числе санитарно-бытовых для эксплуатационного и ремонтного персонала АСУТП; коридоры, проходы, вестибюли и лестницы в зоне расположения помещений АСУТП), определяет расположение и компоновку оборудования АСУТП в помещениях, постоянно и временно работающих в смену по каждому помещению, их рабочие места в помещениях.

Раздел АТХ.Зд.АС.АС перечня 6.Т4 предъявляет следующие требования к проектированию помещений АСУТП:

1. Отдельно стоящее здание АСУТП, а также части зданий и сооружений другого назначения, в которых предусматривается размещение помещения АСУТП, следует относить в соответствии с требованиями НПБ 105-03 к помещениям с производством категории В и Д; это помещение должно иметь I или II степень огнестойкости по противопожарным нормам проектирования зданий и сооружений СНиП 21-01-97.

(Требования НПБ 105-03 приведены в таблице 7.Т8, требования по огнестойкости помещений по СНиП 21-01-97 (в таблице 4) – на схеме 7.Сх3.)

2. Не допускается размещать помещения АСУТП под и над помещениями производств категорий А, Б.

Различные помещения АСУТП следует относить к помещениям различных производств по справочной таблице 20.Т4. За аналог помещений АСУТП взяты помещения по «Перечню помещений и зданий энергетических объектов РАО „ЕЭС России“ с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности».

3. Требования к помещению, смежному (встроенному или пристроенному) с помещениями со взрыво- и пожароопасными производствами:

– допускается встраивать только в помещения со взрывоопасными зонами классов В-1а и В-1б с легкими горючими газами и ЛВЖ и в помещения со взрывоопасными зонами классов В-II и В-IIа;

– допускается пристраивать к помещениям со взрывоопасными зонами классов В-I, В-1а и В-1б с легкими горючими газами и ЛВЖ и к помещениям со взрывоопасными зонами классов В-II и В-IIа;

– допускается пристраивать, а также встраивать в пожароопасные зоны всех классов;

– стены и перекрытия, отделяющие помещения от производственного со взрывоопасной или пожароопасной зоной, должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и пылегазонепроницаемыми, без дверей и окон; возможна установка samozакрывающейся двери в пожароопасное помещение с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч.

4. Помещения АСУТП не следует размещать под производственными помещениями с мокрым технологическим процессом, под душевыми, санузлами, под и над вентиляционными камерами общеобменной вентиляции.

5. Допускается помещения АСУТП размещать рядом с распределительными устройствами, трансформаторными подстанциями, машинными и другими электротехническими помещениями при условии, что силовое электрооборудование (электрические машины, выпрямительные и преобразовательные установки, трансформаторы, электрические силовые проводки) не влияет на работу устройств АСУТП в недопустимых пределах. В технически обоснованных случаях допускается щитовые помещения располагать над указанными электротехническими помещениями.

6. Помещения АСУТП с использованием ПЭВМ (диспетчерские, операторные, расчетные, системотехнические и др.) не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума и вибрации превышают нормируемые значения – 50–75 дБ по шуму; категория III, тип «в» – по вибрации.

7. Полы, в том числе двойные, в помещениях АСУТП должны быть неэлектропроводными, антистатическими, ровными, без выбоин, нескользкими, удобными для влажной уборки. Кабельные каналы и двойные полы в щитовых помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами, рассчитанными на перемещение по ним соответствующего оборудования.

8. Оконные проемы в помещениях диспетчерской и операторной желательно ориентировать на север или северо-восток.

9. Не следует прокладывать через помещения АСУТП транзитные трубопроводы систем отопления, канализации, вентиляции, водопровода, технологические трубопроводы, газо- и трубопроводы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Требования к проектированию помещений АСУТП 1–5, 9 соответствуют пп. 3.42, 3.43, 3.45, 6.16, 7.12 ВСН 205-84, требования 6–8 – пп. 4.2, 4.8, 4.16, 6.1, 6.2, 6.3 СанПиН 2.2.2.542-96.

**Раздел АТХ.Зд.АС.КЖ** перечня 6.Т4 включает требования к кабельным каналам, ходам через ограждающие конструкции, к закладным частям в помещениях АСУТП:

Требования АС.КЖ предъявляются:

1. К опорным основаниям для щитов и пультов в помещениях АСУТП;
2. К кабельным каналам, колодцам, приямам, проемам и т. п. для подвода электрических и трубных проводок к щитам и пультам в помещении.

В графическом и текстовом виде указываются требования:

- к расположению, габаритам и весу щитов и пультов, к способу их установки и крепления (бетонные ленточные фундаменты, опорные металлические конструкции, подставки из швеллера, закладные части крепежа и т. п.);
- к подводу кабелей, проводов и труб к щитам и пультам (каналы, шахты, приямки, колодцы, проемы, двойной пол, кабельный полуэтаж и др.);
- к проходам через стены (внутренние и наружные), через перекрытия;
- к обрамлению проемов (закладная часть или заделанный нестораемый материал), к открытым или уплотненным проходам (к виду уплотнения – сальниковое или заливочное, гильзами, патрубками, стальными плитами; к коробам – открытые или с песочным затвором и пр.).

Перечисленные требования рассмотрены в главах 16 и 17 пособия.

**Раздел АТХ.Зд.АС.ОВ** перечня 6.Т4 и таблицы 20.Т1 включает требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования в проектируемых помещениях, обеспечивающих функционирование технических средств и эффективную деятельность оперативного и обслуживающего персонала, а также специальные требования, обусловленные разработчиками используемых средств, в том числе:

- к микроклимату в проектируемых помещениях в соответствии с ГОСТ 12.1.005–81(91) и главой 5 СанПиН 2.2.2.542–96;
- рекомендации по выбору способа (типа) отопления и вентиляции в помещениях проектируемой системы по СНиП 2.04.05–91\* и СН 512–78;
- по содержанию пыли и агрессивных примесей в воздухе помещений в соответствии с существующими нормативными документами;
- по кондиционированию воздуха для помещений и устройств, для которых стандартные системы отопления и вентиляции не обеспечивают необходимых климатических условий;
- к устройству местного отсоса воздуха у рабочих мест;
- к способам прокладки трубопроводов систем отопления, вентиляции и кондиционирования в помещениях АСУТП.

Отопление и вентиляция помещений АСУТП должны обеспечивать допустимые метеорологические условия и чистоту воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений на постоянных или непостоянных рабочих местах.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещений в зависимости от времени года и категории работ приведены в таблице 7.Т4 в соответствии с ГОСТ 12.1.005–81(91). В главе 7 изложены определения категорий работ по уровню трудовых затрат, классы условий труда в зависимости от многих внешних факторов, общей оценки условий труда по степени вредности и опасности и общей оценки напряженности трудового процесса.

В то же время СНиП 2.04–05–91 в обязательном приложении 5 указывает оптимальные нормы климатических показателей в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений (нормы приведены в таблице 20.Т5).

Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПЭВМ по СанПиН 2.2.2.542-96 (приложение 4 – справочное) указаны в таблице 20.Т6.

Проектировщик АСУТП для каждого помещения с обслуживающим и оперативным персоналом вправе определить и задать показатели микроклимата в рабочей зоне.

Для помещений АСУТП, в которых установлено электронное оборудование и средства вычислительной техники и информационных технологий, рекомендуется воздушное отопление с использованием систем кондиционирования с автоматическим регулированием расхода воздуха по п. 4.25 СНиП 2.004.05-91.

В таблице 20.Т7 даны выдержки из приложения СНиП 2.04.05-91.

Электрическое отопление с непосредственной трансформацией электроэнергии в тепловую или с помощью тепловых насосов допускается применять при технико-экономическом обосновании и согласовании с Госэнергонадзором специалистами по отоплению и вентиляции (п. 3.5 СНиП 2.04.05-91).

Системы местных отсосов проектируются специалистами ОВ для рабочих мест в ремонтных мастерских (лабораториях) АСУТП. Для этого проектировщик АСУТП должен указать конкретные места, количество и концентрацию выделяемых вредных газов, пылей по каждому рабочему месту в помещениях АСУТП.

**Раздел АТХ.Зд.АС.ВК** включает требования к проектированию системы внутреннего холодного и горячего водоснабжения и канализации помещений АСУТП, в том числе:

– к санитарно-бытовым помещениям (умывальные, уборные, питьевого водоснабжения, гардеробные), предусматриваемым по числу работающих по профессиям и группам производственных процессов по общей списочной численности и в наиболее многочисленной смене (СНиП 2.04.01-85\*, СНиП 2.09.02-87\*). Количество, расположение, площади санитарно-бытовых помещений определяются в архитектурно-строительной части проекта после проработки данного задания;

– к помещениям поверочного оборудования и ЗИП для эксплуатационного персонала, обслуживающего средства автоматизации и вычислительной техники (лаборатории «полевых» приборов температуры, давления, расхода, уровня, состава веществ и др., микроконтроллерной и компьютерной техники, множительной и печатной техники и т. п.). Количество помещений, их расположение и занимаемые площади определяются в архитектурно-строительном разделе проекта после проработки данного задания.

В разделе АС.ВК необходимо указать наименование, площадь помещений, количество персонала и режим его работы, количество мест подключения систем водоснабжения и расходы в литрах за замену холодной, горячей воды и канализации. Специалисты ВК, получив данные, которые отмечены выше, от специалистов по архитектурно-строительному разделу, проектируют системы водоснабжения и канализации для нужд АСУТП.

Для сведения в пособии приведены таблицы 20.Т11 и 20.Т12.

**Раздел АТХ.Зд.АС.ЭО** включает требования к проектированию обеспечения помещений АСУТП электрическим освещением необходимого качества, в том числе:

– к рабочему освещению всех помещений системы в соответствии со СНиП 23-05-95;

- к аварийному, эвакуационному освещению по СНиП 23-05-95;
- к дежурному освещению;
- к местному рабочему освещению помещений с компьютерной техникой в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96;
- к эксплуатационным группам и типам светильников и их расположению (в случае необходимости) по СНиП 23-05-95;
- к способу монтажа электроустановок освещения в помещениях системы по ГОСТ Р 50571.15-97 с учетом электроснабжения средств автоматизации, установленных в помещениях, по заданию 20.5.

В помещениях АСУТП необходимо организовать искусственное и естественное освещение. На плане помещения АСУТП указывается расположение щитов, пультов, вспомогательных столов, отдельного оборудования информационных технологий, число и место нахождения постоянного обслуживающего и оперативного персонала, вход в помещение, наличие оконных проемов и размещение помещений по сторонам света (юг, восток и т. д.).

Для ориентирования в терминах искусственного и естественного освещения приведены определения некоторых терминов по СНиП 23-05-95.

**Естественное освещение** – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

**Искусственное освещение** – освещение помещений светом искусственных источников света с помощью световых приборов.

**Совмещенное освещение** – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

**Рабочее освещение** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

**Дежурное освещение** – освещение в нерабочее время.

**Дополнительное искусственное освещение** – освещение, которое используется в течение рабочего дня в зонах с недостаточным естественным освещением.

**Комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

**Местное освещение** – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

**Общее освещение** – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

**Освещение безопасности** – освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

**Эвакуационное освещение** – освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения.

**Рабочая поверхность** – поверхность, на которой производится работа и нормируется или измеряется освещенность.

**Условная рабочая поверхность** – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

**Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

В помещениях оператора, диспетчера, старшего диспетчера, системного инженера и других осуществляется постоянная работа с использованием видеодисплейных терминалов ВДТ и персональных электронно-вычислительных машин ПЭВМ (в дальнейшем для краткости – с использованием ПЭВМ).

К таким помещениям помимо требований СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» необходимо предъявить требования СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Раздел 4 СанПиН устанавливает требования к помещениям для эксплуатации ВДТ и ПЭВМ.

Приведем некоторые пункты требований этого раздела.

«4.1. Помещения с ВДТ и ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

4.2. Естественное освещение должно осуществляться через светопроемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток, и обеспечивать коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории.

Указанные значения КЕО нормируются для зданий, расположенных в III световом климатическом поясе.

Расчет КЕО для других поясов светового климата проводится по общепринятой методике согласно СНиП „Естественное и искусственное освещение“.

4.3. ...В случаях производственной необходимости эксплуатация ВДТ и ПЭВМ в помещениях без естественного освещения может проводиться только по согласованию с органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора».

Раздел 7 СанПиН содержит требования к освещению указанных помещений:

«7.2. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ВДТ и ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, допускается применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

7.3. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

7.4. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/кв. м.

7.5. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ВДТ и ПЭВМ не должна превышать 40 кд/кв. м и яркость потолка, при применении системы отраженного освещения, не должна превышать 200 кд/кв. м.

7.6. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20, показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях – не более 40, в дошкольных и учебных помещениях – не более 25.

7.8. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

7.9. Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядом расположении ВДТ и ПЭВМ. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализованно над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

7.10. Для освещения помещений с ВДТ и ПЭВМ следует применять светильники серии ЛПО36 с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ВЧ ПРА). Допускается применять светильники серии ЛПО36 без ВЧ ПРА только в модификации «Кососвет», а также светильники прямого света – П, преимущественно прямого света – Н, преимущественно отраженного света – В (приложение 11). Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

7.11. Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50° до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 20 кд/кв. м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°.

7.12. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40°.

7.13. Коэффициент запаса ( $K_z$ ) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

7.14. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %, что должно обеспечиваться применением газоразрядных ламп в светильниках общего и местного освещения с высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ВЧ ПРА) для любых типов светильников. При отсутствии светильников с ВЧ ПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети».

Указанные требования по освещенности помещений с ПЭВМ координируются с требованиями СНиП 23-05-95, часть из которых приводится в таблице 20.Т8 пособия.

**Раздел АТХ.Зд.АС.ПС «Пожарная сигнализация и пожаротушение»** включает общие требования по проектированию системы пожарной сигнализации и пожаротушения помещений АСУТП, в том числе:

– к определению зданий, сооружений и помещений АСУТП, подлежащим защите автоматическими установками пожаротушения АУПТ в соответствии с НПБ 110-03 и п. 3.10 (измененная редакция 1989 г.) СН 512-78; а также ведомственными (отраслевыми) нормативными документами, утвержденными в установленном порядке;

- к типу установки пожаротушения и огнетушащему веществу по СНиП 2.04.09-84 и НПБ 22-96;
- к типу пожарных извещателей и их расположению;
- к месту установки станций пожарной сигнализации;
- к способу монтажа электропроводок АУПТ и/или АУПС в помещениях системы.

Конкретные помещения и сооружения системы, требующие установки АУПТ и/или АУПС, и места установки извещателей приводятся в таблице 20.Т9.

В НПБ 110-03 приведен обширный перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и/или пожарной сигнализации. В таблицу 20.Т9 включены объекты защиты из перечня, наиболее подходящие под помещения АСУТП.

Пункт 4 НПБ 110-03: «В зданиях и сооружениях следует защищать соответствующими автоматическими установками все помещения независимо от площади, кроме помещений:

- с мокрыми процессами (душевые, санузлы, охлаждаемые камеры, помещения мойки и т. п.);
- венткамер (приточных, а также вытяжных, не обслуживающих производственные помещения категории А и Е), насосных водоснабжения, бойлерных и других помещений для инженерного оборудования здания, в которых отсутствуют горючие материалы;
- категории В4 и Д по пожарной опасности;
- лестничных клеток».

Из приведенных требований п. 4 следует, что не требуется защищать установками АУПТ и АУПС помещения категорий В4 и Д по пожарной опасности.

В справочной таблице 20.Т4 указаны категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий АСУТП.

По этой таблице здания и помещения АСУТП (кроме кабельных сооружений) относятся к категориям В4 и Д. Таким образом, проектировщику АСУТП надлежит выбрать категорию помещения и объект защиты по таблицам 20.Т9 и 20.Т4.

Рекомендуется проектировать помещения для размещения технических средств АСУТП размерами не более 24 кв. м с целью исключения проектирования в них установок АУПТ.

Пункт 3 НПБ 110-03: «Тип автоматической установки тушения, способ тушения, вид огнетушащих средств, тип оборудования установок пожарной автоматики определяются организацией-проектировщиком в зависимости от технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемых зданий и помещений с учетом требований действующих нормативно-технических документов.

Здания и помещения, перечисленные в пп. 3, 6.1, 7, 9, 10, 13 таблицы 1, пп. 14–19, 26–29, 32–38 таблицы 3 при применении автоматической пожарной сигнализации следует оборудовать дымовыми пожарными извещателями».

Таким образом, здания и помещения по таблице 20.Т9 при применении АУПС следует оборудовать дымовыми пожарными извещателями.

## 20.5. ЗАДАНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ

### 20.5.1. Общие положения

Задание на обеспечение системы электроэнергией АТХ.Зд.ЭС составляется с целью выполнения проектных работ по созданию условий надежности (бесперебойности) питания, надлежащего качества электроэнергии, экономичности, удобства и электробезопасности эксплуатации технических средств АСУТП.

На блок-схеме (глава 6 пособия) 6.Сх1 в строках 5/01–5/06 определена процедура: «Разработка предварительного задания на обеспечение АСУТП электропитанием».

Указанная процедура при разработке утверждаемой части рабочего проекта выполняется с использованием документов (строки 2/01–2/10):

- схемы организационной структуры СО.2;
- схемы функциональной структуры С2.2;
- схемы структуры КТС С1.2;
- плана расположения КТС С8.2.

При разработке рабочей документации процедура составления задания на обеспечение электроэнергией проводится при использовании откорректированных (в случае необходимости) выше перечисленных документов (схем), а также:

- принципиальной электрической схемы питания СБ.1;
- схемы соединений внешних проводок С4.1;
- общего вида щита ВО.1;
- ведомости оборудования ВОМ (строки 8/01–8/15).

В «Предварительном задании на обеспечение АСУТП электроэнергией» должны быть учтены пп. 1–15 общих требований, которые изложены в разделе 20.5.3.

В задании на стадии разработки рабочей документации уточняется ранее выданное предварительное задание и учитываются все требования (пп. 1–15 раздела 20.5.3).

Согласно данному заданию в электротехническом разделе проекта выполняется проектирование источников и преобразователей электропитания, электроснабжения электроустановок системы, защитного и рабочего заземления (зануления), молниезащиты, устройств защиты цепей питания от перенапряжений.

**Питающие линии (фидеры) электроснабжения, защитные проводники заканчиваются вводными клеммами (зажимами) щитов и устройств системы, которые являются граничным электрическим элементом с разделом автоматизации. Оборудование, кабельные конструкции, кабели, провода, монтажные материалы этих сетей учитываются в спецификациях оборудования СО, ведомостях потребности материалов ВМ и локальных сметах электротехнического раздела проекта – ЭС.**

В разделе автоматизации проектируются схемы питания и защитного заземления от вводных клемм до средств автоматизации. Элементы схем электропитания и заземления после вводных клемм (а также сами вводные клеммы) – аппараты защиты и преобразования, провода, кабели, монтажные материалы и др. – учитываются в спецификациях, ведомостях и локальных сметах раздела автоматизации – АТХ.

### 20.5.2. Текстовая часть задания

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст и таблицу с перечнем и характеристиками потребителей электроэнергии по форме ЭС1.

Поясняющий текст включает в себя общие требования к обеспечению комплекса технических средств электроэнергией необходимого качества.

Общие требования, приведенные ниже, учитывают требования действующих НТД, в том числе:

- к параметрам электроэнергии для средств автоматизации (ГОСТ 13033-84, ГОСТ 12997-84);

- к параметрам источника питания – род тока, частота, номинальное напряжение, максимальная потребляемая мощность, пожаровзрывобезопасность (ГОСТ Р50571.2-94, п. 313);

- к категории электроприемников (ПУЭ, главы 1.2.17–1.2.20);

- к типу системы токоведущих проводников (ГОСТ Р50571.2-94, п. 312);

- к разделению цепей питания (ГОСТ Р50571.2-94, п. 314);

- к условиям эксплуатации и климатическим исполнениям средств автоматизации (ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15543.1-89, ГОСТ Р50571.2-94, приложение А);

- к условиям пользования электроэнергией (ГОСТ Р50571.2-94, п. 320.2, приложение А);

- к строительным материалам и конструкции помещений системы (ГОСТ Р50571.2-94, приложение А);

- к совместимости (влиянию) технических средств системы на другие системы (ГОСТ Р50571.2-94, п. 33);

- к системам, обеспечивающим безопасность работы системы (ГОСТ Р50571.2-94, п. 35);

- к выбору питающих кабелей и способу монтажа их в пределах помещений системы (ГОСТ Р50571.15-97).

### 20.5.3. Общие требования

Общие требования к обеспечению комплекса технических средств АСУТП электроэнергией, защитными устройствами электробезопасности следующие:

1. **Границей проектирования** между марками комплектов АТХ (АСУТП) «автоматизация» и ЭС «электроснабжение» являются вводные клеммы щита/щитов питания (или других щитов системы с вводными клеммами электропитания). Место расположения щита/щитов по схеме расположения средств автоматизации и вычислительной техники (глава 16 пособия) и по схеме питающей сети (глава 13, раздел 13.6.1.) указывают в графической части данного задания.

2. **Категория надежности электропитания** определяется для технологического объекта управления.

Категория надежности электроснабжения АСУТП (раздел 1.3.1 пособия) должна быть не хуже категории электроснабжения технологического объекта управления и может иметь I, II или III категорию.

Опасный производственный объект (раздел 1.2.2 пособия) относится к особой группе электроприемников I категории надежности.

Некоторые части АСУТП могут иметь различную категорию надежности.

Дополнительное питание АСУТП опасного производственного объекта или АСУТП со значительным числом оборудования информационных технологий следует по согласованию с заказчиком обеспечить по п. 1.2.19 ПУЭ (7-е издание) от третьего независимого источника питания – от ИБП с аккумуляторной батареей, рассчитанной на непрерывную работу в течение не менее 15 мин. Для критичной, т. е. не отключаемой нагрузки в АСУТП время будет возрастать по мере отключения других групп нагрузок.

**3. Электроснабжение АСУТП** должно быть обеспечено от пятипроводной сети или трехпроводной сети системы TN-S или TN-C-S (глава 9 пособия).

Электроснабжение по согласованию с заказчиком и проектировщиками части ЭС должно быть организовано через самостоятельный разделительный трансформатор для АСУТП; оно характеризуется:

- значительным числом оборудования информационных технологий;
- применением первичных измерительных приборов с функциональным заземленным проводником;
- функционированием на объекте мощных электроприемников, сосредоточенных на ограниченной территории, или электроприемников средней мощности частото включения/отключения.

Разделительный трансформатор позволит электрически отделить оборудование АСУТП (в том числе оборудование информационных технологий) от источников возмущения.

**4. Номинальное напряжение питания** должно быть 380/220 В или 220 В переменного тока частотой  $50 \pm 1$  Гц; колебания напряжения допустимы в пределах  $+10 - -15\% U_{ном}$ .

При необходимости использования напряжения других номиналов и с другими допусками следует обосновать особые требования к электрическим параметрам электроснабжения.

**5. Кабельный подвод электроэнергии** к щиту питания АСУТП следует выполнять заземленным бронированным кабелем или кабелем в заземленной электрозащитной конструкции – металлической трубе или металлическом коробе – с целью уменьшения электромагнитных наводок по цепи электропитания (раздел 9.24). При этом нулевой рабочий провод N должен иметь сечение не менее сечения фазного рабочего провода L.

**6. Защитное заземление** организуется изолированным заземляющим проводником РЕ путем радиального подключения заземляющей шины щита питания к рабочему заземлению сетевого источника питания или путем радиального подключения щита питания АСУТП к магистрали заземления или зануления.

Проводник РЕ является пятым проводником в пятипроводной или третьим проводником в трехпроводной системе питания TN-S или TN-C-S (L1, L2, L3, N, PE или L, N, PE).

**Сопротивление заземления щита питания АСУТП** должно быть не более 4 Ом (п. 1.7.101 ПУЭ, 7-е издание).

**7. Для системы уравнивания потенциалов** необходимо от ближайшей открытой проводящей части ОПЧ электроустановки объекта управления подвести к щиту питания АСУТП дополнительный изолированный проводник сечением не менее половины сечения защитного проводника для данного щита питания.

8. В здании, где размещаются помещения операторной, технологических служб, помещения сервера и другие, в которых установлено значительное число оборудования информационных технологий ОИТ (перечисленное ОИТ приведено в разделе 16.10.5), следует организовать **замкнутый контур** по стенам помещений, выполняющий роль **заземляющей шины**. Контур должен быть **неизолированным** и доступным для подключения по всей длине, но изолирован в точках опоры и прохода через стены.

9. Для достижения **электромагнитной совместимости** различного электротехнического оборудования, оборудования информационных технологий и оборудования обработки информации в АСУТП технологического объекта управления необходимо использовать один из трех методов заземления и эквипотенциального соединения проводящих частей.

Метод 1 использует радиальное присоединение защитных проводников совместно с проводниками питания.

Этот метод особенно эффективен при проектировании изолированной цепи электроснабжения для оборудования АСУТП с помощью разделительного трансформатора, отделенной от других цепей электроснабжения, в том числе заземления и внешних металлических частей.

Метод 2 использует локальное выравнивание электрических потенциалов с помощью потенциаловывравнивающей сетки, вмонтированной в пол помещения. При этом чем меньше ячейка сетки, тем лучше выравнивание потенциалов.

Метод 3 предполагает использование многоярусных, многоэтажных соединений со строительными и технологическими конструкциями различного назначения.

Методы 2 и 3 могут создать приемлемую электромагнитную среду для оборудования информационных технологий.

В то же время следует иметь в виду, что методы 2 и 3 значительно удорожают систему заземления.

**10. Штепсельные розетки** в помещениях АСУТП подразделяются на два вида:

– розетки для **питания** переносных или передвижных **электроприемников бытового, ремонтного, осветительного оборудования** (электрочайник, электрокофейник, тостер, электропылесос, телевизионный или радиоприемник, электропаяльник и др.);

– розетки для **питания** маломощных **электроприемников средств вычислительной и информационной техники**.

**Розетки первого вида (бытового) и цепи их питания проектируются в части ЭС (план розеточной сети).**

Проектировщику АСУТП следует указать места установок розеток, вид и число, установленную мощность электроприемников, которые могут быть использованы в каждом из помещений АСУТП. Условные обозначения розеток на плане помещений АСУТП применяются по ГОСТ 21.608-84.

Установленная мощность в кВт по ГОСТ 51628-2000 определена:

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| СВЧ-печь –         | 0,9–1,3   |
| холодильник –      | 0,14–0,30 |
| электрочайник –    | 1,85–2,0  |
| электрокофеварка – | 0,65–1,0  |
| тостер –           | 0,65–1,05 |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| миксер –               | 0,25–0,4  |
| электропылесос –       | 0,65–1,4  |
| вентилятор –           | 1,0–2,0   |
| телевизор –            | 0,12–0,14 |
| осветительный прибор – | 0,5–1,2   |

Цепи электророзеток следует защищать с помощью устройств защитного отключения УЗО на ток до 30 мА.

Штепсельные розетки второго вида и цепи питания средств ВТ и ОИТ предусматриваются в составе проекта АСУТП.

11. Необходимо по паспортным данным технических средств АСУТП с учетом коэффициента одновременности подсчитать **установленную мощность электроприемников** по каждому щиту питания АСУТП и включить данные в задание.

12. По результатам выбора регулирующего органа и **электрического исполнительного механизма** к нему необходимо в задание по ЭС включить данные для организации электропитания и управления ИМ:

- напряжение и частота;
- установленная мощность;
- место установки;
- тип электрического ИМ;
- ключ выбора режима управления;
- местный пост управления;
- особые требования к электропитанию ИМ.

13. Совместно со специалистами по проектированию электротехнической части определить необходимость **зоновой** защиты от перенапряжений на линиях электрического питания.

Техническое оборудование АСУТП (в первую очередь средства вычислительной и информационной техники) относится к I категории по стойкости к перенапряжениям (раздел 9.25).

Устройство защиты от импульсных перенапряжений УЗИП выбирается в части ЭС, но УЗИП III класса может устанавливаться в щите питания АСУТП.

14. Необходимо уточнить у специалистов по проектированию ЭС класс и **кате-горию по молниезащите** зданий и сооружений, в которых размещаются технические средства АСУТП.

Следует иметь в виду, что помещения, в которых располагаются средства вычислительной и информационной техники (персональный компьютер, сервер, коммутатор и т. п.), относятся по РД 34.21.122-87 ко II категории молниезащиты и к зоне защиты Б при использовании стержневых и тросовых молниеотводов.

15. **Искусственное освещение** в помещениях АСУТП проектируется по заданию на проектирование помещений (раздел «Задания ХХХХХХ-АТХ.Зд.АС.ЭО»).

16. Для каждого помещения и щита АСУТП необходимо указать **место ввода кабелей и труб** в помещение, способ прокладки их внутри помещения, ввод кабелей и труб в щит (снизу из кабельного канала, сверху или сбоку с помощью кабельных конструкций).

17. Кроме приведенных 16 пунктов общих требований при необходимости следует изложить также **другие требования**, характерные для конкретной АСУТП.

На рисунке 20.Р1 (форма АТХ.Зд.ЭС, заполняемая по цехам, участкам, помещениям) приводится перечень электроприемников (щиты питания технических средств системы, щиты контроллеров, щиты КИПиА, релейные щиты и, при необходимости, электроприводы отдельных исполнительных механизмов и т. д.) и указывается потребляемая (расчетная) мощность для каждого электроприемника и другие исходные данные для проектирования электропитания средств системы.

#### 20.5.4. Графическая часть задания

Графическая часть задания включает чертеж размещения потребителей электроэнергии. Координаты электроприемников согласовываются с заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) и разработчиком раздела проекта «Электрооборудование и электроснабжение».

Координаты электроприемников могут уточняться в процессе разработки рабочей документации по согласованию с указанными выше должностными лицами.

При отсутствии исходных данных (строительных чертежей) для выполнения чертежей размещения электроприемников на стадии проекта допускается оговаривать их размещение в поясняющем тексте задания.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.ЭС).

### 20.6. ЗАДАНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

Задание на обеспечение технических средств системы сжатым воздухом АТХ.Зд.ВС составляется с целью выполнения проектных работ по созданию условий функционирования средств пневмоавтоматики, т. е. средств автоматизации, использующих сжатый воздух для своей жизнедеятельности.

В технологическом разделе проекта согласно данному заданию выполняется проектирование магистральных трубопроводов и разводящих участков сети сжатого воздуха. На схеме соединений сети указывают трубопроводы и их элементы по п.п. 1.5 и 3.2 ГОСТ 21.401-88. По данному ГОСТу к элементам трубопровода относятся (приложение 1, п. 7): патрубки (трубы), отводы, переходы, тройники, фланцы, компенсаторы; отключающая, регулирующая, предохранительная арматура; опоры, прокладки и крепежные изделия; устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, конденсационные и другие детали и устройства.

Разводящие участки сети заканчиваются запорной или соединительной аппаратурой, которая является граничным элементом с разделом автоматизации. Трубы, фильтры, арматура и т. п. (в том числе граничные элементы), а также монтажные материалы этой сети учитываются в спецификациях оборудования СО, ведомостях потребности в материалах ВМ и локальных сметах технологического раздела.

В разделе автоматизации проектируются индивидуальные линии подвода сжатого воздуха от граничных элементов разводящих участков до аппаратов-потребителей сжатого воздуха системы. Трубы, фильтры, арматура, редукторы и т. п. (в том числе вводные распределительные коллекторы), а также монтажные материалы индивидуальных линий учитываются в спецификациях, ведомостях и локальных сметах раздела автоматизации.

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст и таблицу с перечнями потребителей и характеристиками сжатого воздуха.

Поясняющий текст включает общие требования к обеспечению комплекса технических средств системы сжатым воздухом необходимого качества, в том числе:

- к классу загрязненности сжатого воздуха – по ГОСТ 17433-80;
- к минимальной рабочей температуре (минимальной температуре окружающей среды при эксплуатации пневматических средств автоматизации и индивидуальных линий подвода воздуха к ним) – по данным главы 18;
- к материалу питающих воздухопроводов и способу их прокладки в помещениях системы – по данным главы 15; а также специальные требования, обусловленные разработчиками (изготовителями) используемых средств автоматизации и др.

На рисунке 20.Р1 (форма АТХ.Зд.ВС, заполняемая по цехам, участкам и помещениям) приводятся перечень потребителей и параметры питающего воздуха (давление, расход, диапазон рабочих температур).

Графическая часть задания включает чертежи расположения вводных распределительных коллекторов для подключения или точек подключения индивидуальных линий питания средств автоматизации. К вводному распределительному коллектору или точке подключения технологи подводят разводящий участок сети сжатого воздуха, который заканчивается запорной или соединительной арматурой (граница проектирования разных разделов – технологического и автоматизации).

Координация вводных коллекторов может уточняться на стадии рабочей документации.

При отсутствии исходных материалов (строительных чертежей) для выполнения чертежей расположения вводных распределительных коллекторов или точек подключения на стадии проекта допускается оговаривать их расположение в поясняющем тексте задания.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.ВС).

## **20.7. ЗАДАНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

Задание на обеспечение технических средств системы гидравлической энергией АТХ.Зд.ТЧС составляется с целью выполнения проектных работ по созданию условий функционирования средств гидроавтоматики, т. е. средств автоматизации, использующих энергию жидкости для своей жизнедеятельности.

В технологическом разделе проекта согласно данному заданию выполняется проектирование магистральных линий и разводящих участков гидросети.

На схеме соединений сети указывают трубопроводы и их элементы по пп. 1.5 и 3.2 ГОСТ 21.401-88. По данному ГОСТу к элементам трубопровода относятся (приложение 1, п. 7): патрубки (трубы), отводы, переходы, тройники, фланцы, компенсаторы; отключающая, регулирующая, предохранительная арматура; опоры, прокладки и крепежные изделия; устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, конденсационные и другие детали и устройства.

Разводящие участки сети заканчиваются запорной или соединительной аппаратурой, которая является граничным элементом с разделом автоматизации. Трубы, фильтры, арматура и т. п. (в том числе граничные элементы), а также монтажные материалы этой сети учитываются в спецификациях оборудования СО, ведомостях потребности в материалах ВМ и локальных сметах технологического раздела.

В разделе автоматизации проектируются индивидуальные линии подвода жидкости от граничных элементов разводящих участков до аппаратов-потребителей гидроэнергии системы. Трубы, фильтры, арматура, редукторы и т. п., в том числе вводные распределительные коллекторы, а также монтажные материалы индивидуальных линий учитываются в спецификациях, ведомостях и локальных сметах раздела автоматизации.

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст и таблицу с перечнями потребителей и характеристиками гидравлической энергии.

Поясняющий текст включает общие требования к обеспечению комплекса технических средств системы гидравлической энергией необходимого качества, в том числе:

– к параметрам гидравлической энергии – по данным инструкций на средства гидроавтоматики;

– к материалу питающих гидропроводов и способу их прокладки в помещениях системы – по данным главы 15;

– к температуре окружающей среды – по данным главы 18; а также специальные требования, обусловленные разработчиками (изготовителями) используемых средств автоматизации, и указания о желательной конфигурации гидросети.

На рисунке 20.Р1 (форма АТХ.Зд.ТЧС, заполняемая по цехам, участкам и помещениям) приводятся перечень потребителей, вид и параметры гидроэнергии (давление, расход, диапазон рабочих температур, отметка низшей точки гидросистемы).

Графическая часть задания включает чертежи расположения вводных распределительных коллекторов для подключения или точек подключения индивидуальных линий питания средств автоматизации. К вводному распределительному коллектору или точке подключения подводят разводящий участок гидросети, который заканчивается запорной или соединительной арматурой (граница проектирования различных разделов – технологического и автоматизации).

Координация вводных коллекторов может уточняться на стадии рабочей документации.

При отсутствии исходных материалов (строительных чертежей) для выполнения чертежей расположения вводных распределительных коллекторов на стадии проекта допускается оговаривать их расположение в поясняющем тексте задания.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.ТЧС).

## **20.8. ЗАДАНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ И ХЛАДАГЕНТОМ**

Задание АТХ.Зд.ХС на обеспечение комплекса технических средств системы теплоносителем и хладагентом составляется с целью выполнения проектных работ по созданию условий функционирования средств автоматизации, требующих обогрева или охлаждения (щитов, датчиков, пробоотборников и исполнительных устройств, обогреваемых или охлаждаемых участков импульсных трубопроводов и т. п.), кроме обогрева с помощью электроэнергии.

В технологической части проекта согласно данному заданию выполняется проектирование магистральных линий и разводящих участков сети теплоносителя (пара, горячей воды, термального масла) и хладагента, а также трубопроводов сети по сбору конденсата (горячей воды), обратных трубопроводов термального масла и хладагента.

На схеме соединений сети указывают трубопроводы и их элементы по пп. 1.5 и 3.2 ГОСТ 21.401-88. По данному ГОСТу к элементам трубопровода относятся (приложение 1, п. 7): патрубки (трубы), отводы, переходы, тройники, фланцы, компенсаторы; отключающая, регулирующая, предохранительная арматура; опоры, прокладки и крепежные изделия; устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, конденсационные и другие детали и устройства.

**Разводящие участки сетей и обратные трубопроводы должны заканчиваться запорной или соединительной аппаратурой.**

**В тех случаях, когда обогрева или охлаждения требуют приборы и средства автоматизации, непосредственно встраиваемые в трубопроводы или устанавливаемые на технологическом оборудовании, вся документация по обогреву или охлаждению и теплоизоляции этих приборов выполняется в технологическом разделе на основании настоящего задания.**

**Вся необходимая арматура, а также монтажные материалы учитываются в СО, ВМ и локальных сметах технологического раздела.**

В документации автоматизации технологических процессов выполняются схема подключения подогревающих или охлаждающих устройств (например, конвекторов, утепленных шкафов, змеевиков и т. п.) к запорной соединительной арматуре, а также схемы прокладки обогревающих или охлаждающих труб вдоль импульсных линий. Импульсная линия (по СНиП 3.05.07-85) – трубная проводка, соединяющая отборное устройство с контрольно-измерительным прибором, датчиком или регулятором. Она предназначена для передачи воздействий контролируемой или регулируемой технологической среды на чувствительные органы контрольно-измерительных приборов, датчиков или регуляторов, непосредственно или через разделительные среды.

Все необходимые монтажные материалы учитываются в СО, ВМ и локальных сметах раздела автоматизации.

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст и таблицу с перечнями потребителей и характеристиками теплоносителя (хладагента).

Поясняющий текст включает в себя общие требования к обеспечению комплекса технических средств системы рекомендуемыми видами теплоносителя и хладагента, а также требования, обусловленные разработчиками (изготовителями) используемых средств автоматизации.

На рисунке 20.Р1 (форма АТХ.Зд.ХС, заполняемая по цехам, участкам и помещениям) приводятся перечень потребителей, вид и параметры теплоносителя или хладагента.

Графическая часть задания включает чертеж с размещением потребителей тепла (холода) и указанием границ проектирования технологического раздела.

Координаты потребителей могут уточняться в процессе разработки рабочей документации.

При отсутствии исходных материалов (строительных чертежей) для выполнения чертежей расположения потребителей тепла (холода) на стадии проекта допускается оговаривать их расположение в поясняющем тексте задания.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.ХС).

## 20.9. ЗАДАНИЕ НА КАБЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ПРОЕМЫ И ЗАКЛАДНЫЕ УСТРОЙСТВА

Задание на кабельные сооружения, проемы и закладные устройства АТХ.Зд.КЖ1 и АТХ.Зд.КЖ2 составляются с целью выполнения проектных работ по созданию условий для прокладки кабельных и трубных проводок системы как в АТХ.Зд.КЖ1 помещениях, зданиях, сооружениях, так и в наружных установках технологического объекта управления.

Согласно заданию АТХ.Зд.КЖ1 на кабельные сооружения, проемы и закладные устройства в архитектурно-строительном разделе выполняется проектирование:

– опорных оснований – конструкций для щитов и пультов, которые **не учтены в задании на проектирование помещений для размещения комплекса средств системы** (так называемых местных щитов и пультов);

– кабельных сооружений и проемов в стенах и перекрытиях для прокладки кабельных и трубных проводок системы по материалам схемы расположения (глава 16);

– закладных устройств для крепления щитов, пультов, кабельных конструкций (защитных труб, коробов, лотков, мостов, стоек кабельных конструкций, подвесов и др.) по материалам схемы расположения (глава 16).

Авторы смежных разделов проекта, в свою очередь, могут готовить и передавать задания на проектирование сооружений кабельных и трубных проводок (каналов, шахт и т. п.). Целесообразно использовать общие сооружения для прокладки кабелей и труб различного назначения при обязательном соблюдении правил ПУЭ.

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст, таблицу с перечнем сооружений, проемов и закладных устройств.

Поясняющий текст включает общие требования к проектируемым сооружениям, проемам, закладным устройствам и др., которые основаны на п. 2.8 СНиП 3.05.07-85.

Общие требования относятся:

– к расположению, габаритам и весу щитов и пультов, к способу их установки и крепления (бетонные ленточные фундаменты, опорные металлические конструкции, подставки из швеллера, закладные части крепежа и т. п.);

– к подводу кабелей, проводов и труб к щитам и пультам (каналы, шахты, приямки, колодцы, проемы, двойной пол, кабельный полуэтаж и др.);

– к проходам через стены (внутренние и наружные), через перекрытия;

– к обрамлению проемов (закладная часть или заделанный несгораемый материал), к открытым или уплотненным проходам (к виду уплотнения – сальниковое или заливочное, гильзами, патрубками, стальными плитами; коробам открытым или с песочным затвором и пр.);

– к защитным трубам при скрытых проводках (число и сортамент труб, расположение проводок, температурные компенсации и швы);

– к закладным частям для крепления кабельных и трубных проводок (пакетов защитных и импульсных труб, коробов, лотков, мостов, стоек кабельных конструкций и др.); данные требования особенно актуальны и необходимы при проектировании общих или совмещенных кабельных и трубных проводок различных разделов проекта ТОУ.

Задание на эстакаду, тоннель и площадку обслуживания АТХ.Зд.КЖ2 является дополнением задания АТХ.Зд.КЖ1 и дополняет его требованиями:

– к конструкциям эстакады или тоннеля для наружной прокладки кабельных и трубных проводок с необходимыми кабельными сооружениями и закладными устройствами для крепления кабельных конструкций по материалам схемы расположения (глава 16); эстакада или тоннель должны быть объединены с коммуникациями технологической, электротехнической частями и частями электроснабжения и тепло-снабжения ТОО; задание должно быть согласовано с разделом генплана объекта;

– к площадкам и лестницам к ним, предназначенным для обеспечения обслуживания средств автоматизации, расположенных на высоте/глубине и не доступных обслуживанию с пола производственных, технологических помещений или с земли.

На рисунке 20.Р1 (формы АТХ.Зд.КЖ1 и АТХ.Зд.КЖ2, заполняемые по цехам, участкам, помещениям) приводится перечень соответствующих сооружений, проемов, закладных устройств, площадок обслуживания с указанием необходимых данных (размеры, нагрузки, вес, материалы и др.), необходимых для выполнения смежниками проектных работ по заданию.

Графическая часть задания включает чертежи/эскизы размещения конструктивных элементов задания, привязанных к отметкам и осям зданий и сооружений. Координаты привязки элементов конструкций согласовываются с заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) и разработчиками разделов проекта, особенно при совместной прокладке кабельных и трубных проводок.

Координаты привязки элементов конструкций могут уточняться в процессе разработки рабочей документации по согласованию с разработчиками разделов проекта.

При отсутствии исходных данных (строительных чертежей) для выполнения чертежей различных элементов конструкций на стадии проекта допускается оговаривать их размещение в пояснительном тексте задания.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.КЖ).

## **20.10. ЗАДАНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СРЕДСТВАМИ СВЯЗИ И СЕТЯМИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Задание на обеспечение системы АСУТП средствами связи и сетями передачи данных АТХ.Зд.СС составляется для выполнения проектных работ:

– по созданию условий функционирования оперативно-диспетчерского и эксплуатационного персонала, задействованного в жизнеобеспечении системы;

– по созданию условий функционирования комплекса технических средств информационных технологий системы.

Согласно данному заданию в разделе (марке) проекта «связь и сигнализация» выполняется проектирование двух подразделов:

– связь и сигнализация;

– сети передачи данных.

В подразделе «связь и сигнализация» проектируется в полном объеме комплекс систем связи (административной, диспетчерской, производственной громкоговорящей, радиомобильной, городской, директорской и т. п.) и сигнализации (часофика-

ция, радиофикация и др.). Все оборудование и монтажные материалы учитываются в спецификациях, ведомостях и локальных сметах раздела «связь и сигнализация».

В подразделе «сети передачи данных» проектируется инфраструктура кабельной, оптической и радиосети передачи данных. В общем случае инфраструктура сети передачи данных может включать обеспечение для следующих видов систем сбора и передачи информации на предприятии:

- АСУТП, АСУП и др. (автоматизированная система управления технологическим процессом, производством и т. п. по ГОСТ 34.003-90 и Р 50-34.119-90);
- система хозяйственного и коммерческого учета энерго- и электроносителей (электроэнергия, горячая и холодная вода, пар, газ, мазут, азот, канализационные и хозяйственные стоки и т. п.);
- система диспетчерского контроля и управления электроосвещением;
- система управления и контроля кондиционированием, вентиляцией, отоплением;
- система централизованного контроля работы лифтов;
- телефонизация объектов производства;
- радиофикация, часофикация объектов;
- телевидение (местное, региональное и др.);
- система видеонаблюдения;
- система пожарной сигнализации;
- система автоматического пожаротушения;
- система охранной сигнализации (зонная и периметрическая);
- система контроля доступа;
- система информационных технологий;
- другие системы.

Проектировщик/разработчик каждого вида систем выдает соответствующее задание проектировщику раздела «сети передачи данных». Последний по материалам всех заданий проектирует структурированную инфраструктуру телекоммуникационной сети предприятия, включающую технологический объект управления с АСУТП.

**Сеть передачи данных заканчивается кабельными окончаниями в виде телекоммуникационных розеток или в виде точки перехода в распределительном устройстве, являющимися функциональным граничным элементом с потребителем.**

**Распределительные устройства, магистральные и «горизонтальные»/разводящие кабели, соединители, кабельные окончания, телекоммуникационные розетки, монтажные и защитные материалы и т. п. учитываются в спецификациях оборудования СО, ведомостях потребности в материалах ВМ и локальных сметах раздела СС.**

В разделе автоматизации проектируются соединительные/подключающие линии потребителей видов связи и сигнализации (так называемая последняя линия) и абонентские пункты потребителей по пунктам сбора/обработки данных/информации (средства автоматизации и вычислительной техники системы).

Оборудование потребителей (абонентов) и последней линии, монтажные материалы к ним учитываются в спецификациях и сметах части автоматизации и в спецификациях, ведомостях и локальных сметах других видов систем, перечисленных выше.

Подробнее о сети передачи данных смотри главы 15 и 19.

Задание по связи и сигнализации АТХ.Зд.СС1 составляется в виде поясняющего текста и таблицы с перечнем помещений и указанием устанавливаемых средств связи, сигнализации и радиофикации.

Задание по сетям передачи данных АТХ.Зд.СС2 составляется в виде поясняющего текста и таблицы с перечнем кабельных окончаний и распределительных устройств в конечных пунктах и характеристиками передаваемых сигналов и требованиями, предъявляемыми к этим сигналам.

Поясняющий текст раздела по связи и сигнализации включает общие требования:

- по размещению стационарного оборудования (аппаратов, пультов, стивов);
- по подключению его к общим распределительным устройствам (кроссам, шкафам);
- по климатическим условиям в помещениях АСУТП (задание АТХ.Зд.АС);
- по особым требованиям прокладки кабелей в помещениях системы.

Поясняющий текст подраздела «сети передачи данных» включает в себя общие требования к функциональной структуре кабельной сети, в том числе:

- к параметрам сигналов передачи (пропускная способность канала, максимальная скорость передачи, ширина пропускания канала, затухание канала и др.);
- к будущим потребностям в развитии сети на 10–15 лет;
- к конфигурации и длине линий связи;
- к климатическим условиям в местах прокладки сети передачи данных (данные главы 16);
- к условиям монтажа сети в помещениях системы.

В таблице (форма АТХ.Зд.СС1, рисунок 20.Р1), заполняемой по цехам, участкам и помещениям, приводится перечень потребителей видов связи и сигнализации. Допускается указывать рекомендуемый вид аппаратов связи и сигнализации для установки их на объекте управления.

В таблице (форма АТХ.Зд.СС2, рисунок 20.Р1), заполняемой по пунктам сбора и обработки данных/информации, приводится:

- перечень каналов данных (система управления, пожарная сигнализация и пожаротушение, телевидение, голосовая связь, Интернет, телекоммуникационные технологии и др.);
- виды кабелей (витая пара, оптоволокно, радиочастотный и пр.) с указанием координат пунктов сбора/обработки данных.

Возможно дополнение пояснительного текста и таблицы заданий графической частью с чертежами размещения помещений оперативно-диспетчерского и эксплуатационного персонала, средств сигнализации и оповещения, пунктов сбора/обработки данных.

Координация расположения потребителей видов связи, сигнализации и пунктов сбора/обработки данных может уточняться на стадии рабочей документации.

В случае необходимости в соответствии с разделами 20.4 и 20.5 проектировщики СС составляют:

- «Задание на проектирование специальных выделенных помещений для размещения оборудования связи, сигнализации и сетей передачи данных»;

– «Задание на обеспечение электроэнергией оборудования связи, сигнализации и сетей передачи данных».

Примеры выполнения заданий даны в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.СС1 и АТХ.Зд.СС2).

## **20.11. ЗАДАНИЕ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ И ТРУБОПРОВОДАХ**

Задание АТХ.Зд.ТХ является документом, согласно которому в проектно-сметной документации технологического раздела проекта предусматривается размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах с учетом требований их монтажа и эксплуатации.

Задание должно выполняться в соответствии с п. 4.7.4 ГОСТ 21.408-93: чертежи установки приборов и закладных конструкций на технологическом и инженерном оборудовании и коммуникациях выполняют в основных комплектах рабочих чертежей соответствующих марок (ТХ, ОВ, ВК и др.).

Задание реализуется в технологическом разделе проекта и в разделе автоматизация технологических процессов согласно техническому циркуляру «Главмонтаж-автоматики» Минмонтажспецстроя СССР № 28-6-1/И19 от 5.07.88 «Об учете при проектировании порядка выполнения отдельных видов монтажных работ в соответствии с профилем монтажных организаций». В таблице 20.Т13 приведен «Перечень приборов, аппаратуры, материалов и монтажных работ с разделением их учета в рабочей документации».

Текстовая часть задания содержит поясняющий текст, таблицу с перечнем устанавливаемых элементов автоматики и данными по их установке и перечень установочных чертежей, используемых в задании (форма АТХ.Зд.ТХ по рисунку 20.Р1).

Поясняющий текст включает общие требования с учетом вышеприведенного циркуляра и правил СНиП 3.05.07-85 (пп. 2.8, 2.12, 3.115, 3.116, 3.134, приложение 5 – частично).

Общие требования отражают следующую необходимость:

– учета на технологическом оборудовании и трубопроводах встраиваемых элементов автоматики с их монтажными зонами (в том числе и их сочленения с приборами);

– обеспечения свободного доступа к первичным измерительным преобразователям в местах, удобных для обслуживания и снятия показаний с приборов (с основных технологических или специально устраиваемых площадок или колодцев);

– отражения на чертежах технологического раздела размещения и координации закладных конструкций, первичных приборов, регулирующих и запорных органов и т. д.;

– установки закладных и защитных конструкций для монтажа первичных приборов (бобышки, штуцера, гильзы, карманы, расширители, фланцевые соединения, ответные фланцы, переходные патрубки и т. д.) на технологическом оборудовании и трубопроводах проектировщиком технологического раздела. При этом закладные конструкции для установки отборных устройств давления, расхода, уровня и состава вещества должны заканчиваться запорной арматурой;

– установки вспомогательных устройств, обеспечивающих нормальную работу первичных приборов контроля и регулирования с указанием требуемых параметров, чистоты среды и т. п. (редукторы, байпасные линии, фильтры и др.).

На рисунке 20.Р1 (форма АТХ.Зд.ТХ, заполняемая по цехам или другим производственным подразделениям ТООУ) приводится наименование измеряемого и регулируемого параметра, тип прибора или устройства и его позиционное обозначение, наименование технологического оборудования или трубопровода, в который встраиваются элементы автоматики и требования к их установке, номера чертежей закладных устройств, установки элементов автоматики и другие необходимые сведения (например, требуемые размеры длин прямых участков до измерительных устройств и после них).

Графическая часть задания включает:

– схему размещения элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах, выполняемую на основании утвержденной технологической схемы с использованием стандартных условных обозначений, приведенных в главе 16;

– кинематическую схему, общий вид и расположение сочленения регулирующих органов с исполнительными механизмами;

– эскизные чертежи общих видов установки приборов и средств автоматизации на технологическом оборудовании, для которых отсутствуют типовые чертежи закладных конструкций.

На основании указанных чертежей заказчиком (генпроектировщиком или генподрядчиком) должны быть разработаны чертежи закладных конструкций.

Типовые чертежи закладных конструкций к заданию не прилагаются. При отсутствии этих чертежей у заказчика (генпроектировщика или генподрядчика) они могут быть высланы по требованию.

**Монтажные чертежи технологического оборудования и трубопроводов (компоновка технологического оборудования и трубопроводов), разрабатываемые в технологическом разделе проекта объекта с нанесенными на них элементами автоматики должны быть согласованы с автором проектно-сметной документации АСУТП и автоматизации технологических процессов.**

При отсутствии утвержденной технологической схемы на стадии проекта допускается выполнять задание только в виде текстовой части.

Пример выполнения задания дан в таблице 20.Т10 (АТХ.Зд.ТХ).

В приложении 20.Р1 изложены процедуры, необходимые при разработке и монтаже закладной конструкции на технологическом оборудовании и трубопроводах.

## **20.12. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ АСУТП**

### **20.12.1. Общие положения**

Создавая или проектируя АСУТП для объекта управления, необходимо, как сказано в разделе 1.4.6 пособия, предусмотреть службы эксплуатации средств автоматизации и вычислительной техники и их ремонта и наладки.

При проектировании такой службы на предприятии (или дооснащении уже имеющейся на предприятии службы КИП или имеющегося подразделения АСУТП) проектировщик АСУТП является заказчиком (может быть, только без финансовых

обязанностей): он формирует требования к подразделению АСУТП, организует финансирование работ по проектированию подразделения АСУТП, принимает участие в этих работах, является ответственным за создание подразделения АСУТП.

На практике служба эксплуатации АСУТП в зависимости от ряда организационных и финансовых обстоятельств имеет различные наименования: цех ТАИ, цех или участок КИПиА, ЦЛАиВТ (центральная лаборатория автоматизации и вычислительной техники), подразделение АСУТП, отдел АСУТП, ВЦ и др.

В пособии принят «нейтральный» термин – подразделение АСУТП.

Проектировщик АСУТП при заключении контракта должен решить вопрос о необходимости проектирования нового или дооснащения существующего подразделения АСУТП, определить сроки выдачи задания на проектирование подразделения АСУТП, определить исполнителя проекта.

### 20.12.2. Задание соисполнителю

Проектировщик АСУТП уже на период разработки утверждаемой части проекта должен знать (обязан знать!) объем и номенклатуру технических средств автоматизации и вычислительной техники: ориентировочное число датчиков температуры, давления, расходомеров и уровнемеров различного типа, плотномеров, щитов, контроллеров, вспомогательных устройств, сетей передачи данных и т. д. и т. п.

Проектировщик АСУТП также должен знать территориальное расположение технических средств и пунктов управления АСУТП.

Проектировщик АСУТП, кроме того, должен знать содержание проекта подразделения, который включает:

- организационную структуру подразделения;
- штатную ведомость подразделения по категориям работающих;
- чертежи расположения оборудования в помещениях подразделения;
- чертежи установки и монтажа оборудования;
- эскизные чертежи общих видов нетиповых поверочных устройств, стендов, рабочих столов и т. п.;
- спецификацию оборудования по участкам и лабораториям;
- опросные листы на стенды, поверочные устройства, механическое и измерительное оборудование и т. п.;
- смету на приобретение и установку оборудования.

Выше перечисленное позволяет проектировщику АСУТП подготовить задание на выполнение комплексного проекта подразделения АСУТП.

Задание на проектирование подразделения АСУТП передается проектировщиком АСУТП соисполнителю – специализированной организации (специалисту по проектированию лабораторий или служб АСУТП).

В задание включают:

- ведомость средств автоматизации, вычислительной техники ВОМ (возможна замена на перечень технических средств с указанием номенклатуры и числа технических средств);
- план расположения технических средств АСУТП С8;
- описание программного обеспечения ПА;
- данные по санитарной характеристике производственных процессов, которые оснащены «полевыми» приборами АСУТП;

– данные по температуре, относительной влажности и скорости движения воздуха в местах установки «полевого» оборудования и щитов АСУТП различного назначения (приборных, контроллеров, питания и др.), в помещениях оператора, диспетчера и другого оперативного персонала.

При реализации задания на проектирование подразделения АСУТП определяются штаты подразделения, инженерное оснащение подразделения, требования к помещениям АСУТП. Требования по обеспечению подразделения помещениями, электро- и энергообеспечению, отоплением, вентиляцией, водопроводом, канализацией, связью, пожарной сигнализацией и пожаротушением специалисты по проектированию подразделения АСУТП разрабатывают с использованием материалов, изложенных в разделах 20.2–20.10.

В процессе разработки документации проектировщик подразделения АСУТП передает заказчику или генеральному проектировщику задания на смежные части проекта. Эти задания должны быть согласованы с проектировщиком (разработчиком) АСУТП.

### 20.12.3. Организационная структура и штаты подразделения

Выше описан оптимальный путь проектирования подразделения АСУТП с привлечением специалистов по разработке специфичной части проекта – организации эксплуатации и обслуживания программно-технических средств АСУТП.

Вместе с тем при существующей в настоящее время в Российской Федерации организации труда и распределении трудовых ресурсов сложно найти организацию или отдельных специалистов, которые способны квалифицированно, в приемлемые сроки и за приемлемую стоимость выполнить проектные работы по подразделению АСУТП.

Процесс поиска соисполнителя может затянуться, а сроки выполнения проектных работ по АСУТП и других смежных разделов проекта, как обычно бывает, весьма сжатые.

В этих условиях проектировщик АСУТП вынужден вместо соисполнителя подготовить и выдать задания на смежные разделы проекта с учетом помещений и штатов подразделения АСУТП.

Этот шаг вынужденный, но, как показывает практика, достаточно часто встречающийся.

Подготовка заданий производится с учетом многих факторов.

В первую очередь необходимо учесть штатное расписание подразделения АСУТП.

Исходя из имеющегося у него перечня данных технических средств, практического опыта эксплуатации систем управления аналогичных или близких по объему технических средств, проектировщик АСУТП намечает организационную структуру подразделения АСУТП.

Персонал АСУТП по разделу 7.5 пособия подразделяется на оперативный и ремонтный.

В оперативном персонале особняком стоят операторы-технологи автоматизированного технологического комплекса. В эту группу можно отнести также диспетчеров и инженерно-технических специалистов, участвующих в процессе анализа и подготовки технологических данных для управления и контроля объекта управления.

Операторы-технологи и диспетчеры действуют в реальном масштабе времени с использованием программ и средств вычислительной и информационной техники.

Их рабочее место обусловлено комплексом техническим средств АСУТП, компоновкой средств в помещении оператора или диспетчера.

Помещение операторной или диспетчерской входит в задание АТХ.Зд.АС (раздел 20.4).

Также к оперативному персоналу относится эксплуатационный персонал.

Эксплуатационный и ремонтный персонал АСУТП выполняет задачи, изложенные в разделе 7.5. На основании оценки труда работников АСУТП различных категорий определяется численность и квалификация персонала.

Рабочие места руководителей и специалистов подразделения АСУТП оборудуются в соответствии с принятой спецификой работ (их функциями) и оснащаются современной вычислительной и информационной техникой.

Разработанная организационная структура со штатами по лабораториям и участкам должна быть согласована с проектировщиком АСУТП и заказчиком.

#### **20.12.4. Задания на помещения подразделения**

На основе согласованной структуры подразделения проектировщик АСУТП имеет возможность разработать предварительное задание на проектирование помещений подразделения АСУТП.

Задание может быть составлено как самостоятельный документ либо войти составной частью в общее предварительное задание по смежным разделам проекта.

В общем случае рабочие места эксплуатационного и ремонтного персонала по участкам и лабораториям оснащаются различного рода стендами, поверочными устройствами, верстаками, станками, инструментальными шкафами, стеллажами и другими устройствами и установками.

Компоновка всех устройств эксплуатационного и ремонтного подразделений производится в рабочей документации лаборатории АСУТП.

На предыдущих стадиях проектирования необходимо ориентировочно (с плюсовым припуском) определить размеры и место расположения каждой лаборатории и каждого участка, административных, вспомогательных, складских, подсобных, обслуживающих и санитарно-бытовых помещений.

Помещения подразделения АСУТП могут размещаться в отдельно стоящих зданиях, во вставках, встройках и пристройках производственных зданий.

Вставка, встройка, пристройка – части здания, предназначенные для размещения административных, бытовых помещений и инженерного оборудования.

Вставка, встройка располагаются в пределах производственного здания по всей высоте и ширине (вставка), части его высоты или ширины (встройка) и выделяются противопожарными преградами.

Пристройка располагается в части здания, которое отделяется от производственных помещений противопожарными преградами.

При определении размеров помещений следует учесть требования СНиП 2.09.04-87\*, которые приведены ниже:

«3.13. Площадь помещений подразделений вычислительной техники должна быть определена заданием на проектирование.

3.14. Площади помещений производственно-диспетчерских бюро, бюро программирования в вычислительных центрах следует принимать из расчета  $4,5 \text{ м}^2$  на одно рабочее место.

3.15. Площадь кабинета руководителя вычислительного центра следует принимать в зависимости от числа работающих: до 20 чел. –  $12 \text{ м}^2$ , при большем числе –  $18 \text{ м}^2$ .

3.2\*. Площадь помещений следует принимать из расчета  $4 \text{ м}^2$  на одного работника управления,  $6 \text{ м}^2$  на одного работника конструкторского бюро, для работающих инвалидов, пользующихся креслами, колясками, –  $5,65$  и  $7,65 \text{ м}^2$  соответственно.

При оснащении рабочих мест крупногабаритным оборудованием и размещении в рабочих помещениях оборудования коллективного пользования (терминалов ЭВМ, аппаратов для просмотра микрофильмов и др.) площади помещений допускается увеличивать в соответствии с техническими условиями на эксплуатацию оборудования.

3.3. Площадь кабинетов руководителей должна составлять не более 15 % общей площади рабочих помещений.

3.4. При кабинетах руководителей предприятий и их заместителей должны быть предусмотрены приемные. Допускается устраивать одну приемную на два кабинета. Площадь приемных должна быть не менее  $9 \text{ м}^2$ .

3.8. На предприятиях с числом инженерно-технических работников до 300 чел. для проведения совещаний допускается увеличивать площадь одного из кабинетов руководителей предприятия из расчета  $0,8 \text{ м}^2$  на одно место. Площадь кабинета должна быть определена заданием на проектирование, но не должна превышать  $72 \text{ м}^2$ .

Ширина прохода в помещении принимается не менее 1 м, коридора – не менее 1,4 м, при наличии работающих инвалидов-колясочников – 1,2 и 1,8 соответственно.

Санитарно-бытовые помещения рассчитываются по численности работающих в подразделении АСУТП – списочной в наиболее многочисленной смене, а также в наиболее многочисленной части смены при разнице в начале и окончании смены 1 ч и более (например, для передачи сменного дежурства) – п. 2.2 СНиП 2.09.04-87\*.

Гардеробные, душевые, умывальные проектируются в зависимости от групп производственных процессов согласно таблице 20.Т11, которая повторяет таблицу 6\* СНиП 2.09.04.87\*.

По п. 2.25 этого СНиП: «Нормы площади помещений на 1 чел., единицу оборудования, расчетное число работающих, обслуживаемых на единицу в санитарно-бытовых помещениях, следует принимать по таблице 7». Таблица 7 СНиП приведена в таблице 20.Т12 пособия.

Помещения АСУТП включают также кладовые инвентаря и запасных частей, монтажных материалов, в том числе длинномерных (трубы, кабельные каналы – короба, лотки и т. п.).

В некоторых случаях подразделение АСУТП может оснащаться окрасочным оборудованием, что требует особого внимания к вентиляции, к электрооборудованию, к рабочему и эвакуационному выходам.

### 20.12.5. Заключение

При выполнении утверждаемой части проекта следует определить помещения подразделения АСУТП по местоположению и размерам, по энергопотреблению, вентиляции, отоплению, канализации в сроки, которые указаны в последовательности выполнения проектных работ (таблица 1.Т2) и согласованы с заказчиком.

В противном случае могут появиться крайне сложные в решении вопросы по размещению и размерам помещений АСУТП, их обустройству.

Запаздывание в выдаче задания на помещения подразделения АСУТП приводит обычно к переработке некоторых смежных разделов проекта, сдвигу срока выпуска проектной документации, увеличению себестоимости проектных работ. Понятно, что подобная ситуация не должна иметь места при разработке проекта АСУТП.

## 20.13. ВЫВОДЫ

В главе 20 приведены различные формы на выполнение смежных разделов проекта АСУТП.

Проектировщики смежных разделов проекта должны реализовать в комплектах документации требования, выдвинутые в заданиях, для чего необходимы некоторые технические данные.

В связи с изложенным во всех формах первые графы содержат основные данные по субъекту проектирования (наименование и характеристики помещения, в котором размещаются технические средства и персонал АСУТП, места установки потребителей энергоносителя, категоричность помещения и места установки потребителя по взрывопожарной и пожарной опасности).

Остальные графы форм предназначены для определения основных требований к видам обеспечения и смежным разделам проекта.

В пособии проведена унификация графического изображения форм по размерам и расположению граф.

Так, 10 форм имеют различные наименования граф (что совершенно естественно) при аналогичном их расположении и размерах. Это формы АС.АС, АС.ОВ, АС.ВК, АС.ЭО, АС.ПС, ЭС, ВС, ТЧС, ХС и СС2.

Отдельно выделены три формы АС.КЖ, КЖ1, КЖ2, которые определяют необходимость конструкторской проработки:

- установки щитов и пультов;
- проходов через стены и перекрытия;
- креплений проводок АСУТП;
- площадок обслуживания технических средств АСУТП;
- эстакад для прокладки проводок АСУТП.

Кроме того, имеются:

- форма задания СС1 для обеспечения помещений и наружных установок средствами связи, часофикации, радио;
- форма задания ТХ на закладные конструкции для установки первичных измерительных преобразователей на технологическом оборудовании и трубопроводах.

Заполненные проектировщиком АСУТП формы задания и графический материал к ним обычно дополняются поясняющим текстом, который предназначен для уточнения приведенных и внесения новых данных и требований.

Форма задания, как разновидность опросного листа или анкеты, задает четкие вопросы, на которые проектировщику АСУТП следует дать ясные, однозначные ответы.

В случае необходимости требования к смежным разделам проекта и дополнительные исходные данные, не вошедшие в графы формы, можно изложить в графе «Примечание», в сноске и примечании внизу таблицы (формы) или в текстовой части задания.

Серьезной составной частью задания является графическая часть, в которой приводятся размеры и расположение помещений, оконных и дверных проемов, каналов, проходов, мест установки и видов крепления щитов, пультов, кабельных и трубных конструкций и т. д. и т. п.

Проектировщик АСУТП должен иметь в виду, что помещения оператора и диспетчера являются, по существу, визитной карточкой технологического объекта управления.

Современные средства информационных технологий, технические средства АСУТП позволяют руководителю и специалистам получать необходимую информацию непосредственно на своем рабочем месте. Специалисты в течение рабочего дня находятся в курсе хода технологического процесса на объекте. В то же время специалисты решают многие административные, хозяйственные, снабженческие и другие вопросы.

В отличие от них оператор или диспетчер в течение смены непрерывно занят оперативной деятельностью по управлению технологическим процессом.

Его знание и понимание конкретной ситуации технологического процесса и прогнозирование хода технологического процесса являются, как правило, существенным дополнением к информации, которую получают руководители и специалисты от программно-технических средств системы управления.

Руководители и специалисты периодически общаются и посещают оператора/диспетчера для личного получения дополнительной информации.

Помещение оператора или диспетчера должно позволять проводить деловые встречи с наглядной демонстрацией параметров и хода технологического процесса.

Помещение должно также позволять оператору/диспетчеру кратковременный отдых и прием пищи.

Помещение должно обеспечивать оператору/диспетчеру спокойную эргономическую и электробезопасную обстановку.

Сказанное должно найти отражение в выборе места расположения помещения, его размерах, компоновке оборудования АСУТП и вспомогательных стеллажей и шкафов, в размещении зоны отдыха и приема пищи, удалении от уборной не далее 30 м.

Большое значение имеет интерьер помещения (цветовая гамма; материал покрытия пола, стен, потолка; занавеси на окнах; мебель и др.).

Для решения вопросов по интерьеру с учетом территориальных особенностей и национальных традиций следует привлечь специалистов-дизайнеров. Особенно

работа дизайнера необходима для крупных технологических объектов управления с большим количеством технических средств АСУТП и информационных технологий, со значительным числом контролируемых, измеряемых и управляемых переменных, с нахождением в помещении нескольких оперативных работников.

При выдаче заданий необходимо обратить внимание на обеспечение электробезопасности (величина проходов между оборудованием АСУТП, расстояние от стен, заземление защитное и заземление функциональное, величина электрического напряжения и устройства защитного отключения, виды электрических розеток для различных целей и напряжений, антистатическое покрытие пола и др.).

## 20.14. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

|                      |                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВСН 205-84 ММС СССР  | Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов                                                                                                                      |
| ГОСТ 12.1.005-81(88) | Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны                                                                                                            |
| ГОСТ 21.101-97       | СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации                                                                                                                                                      |
| ГОСТ 21.401-88       | СПДС. Технология производства. Основные требования к рабочим чертежам                                                                                                                                             |
| ГОСТ 21.408-93       | СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов                                                                                                                             |
| ГОСТ 21.508-84       | СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи                                                                                                                                                         |
| ГОСТ 21.608-84       | СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи                                                                                                                                                         |
| ГОСТ 34.003-90       | Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения                                                                                                               |
| ГОСТ 12997-84        | Изделия ГСП. Общие технические условия                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 13033-84        | ГСП. Приборы и средства автоматизации электрические аналоговые. Общие технические условия                                                                                                                         |
| ГОСТ 15150-69        | Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения, транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды |
| ГОСТ 15543.1-89      | Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам                                                                                                    |
| ГОСТ 17443-80        | Промышленная чистота. Сжатый воздух. Классы загрязненности                                                                                                                                                        |
| ГОСТ 51628-2000      | Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия                                                                                                                                               |

- ГОСТ Р 50571.2-94 Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики
- ГОСТ Р 50571.15-97 Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки
- НПБ 22-96 Установки газового пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и применения
- НПБ 105-03 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности
- НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации
- ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств
- ПУЭ, 7-е издание Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов
- Р 50-34.119-90 Архитектура локальных вычислительных сетей в системах промышленной автоматизации. Общие положения
- РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений
- СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
- СН 512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин
- СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий
- СНиП 2.04-05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование
- СНиП 2.04.09-84 Пожарная автоматика зданий и сооружений
- СНиП 2.09.02-87\* Административные и бытовые здания
- СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации
- СНиП 11.01-95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе документации на строительство предприятий, зданий и сооружений
- СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
- СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- СБЦ Справочник базовых цен на разработку технической документации на автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП)

Технический циркуляр «Главмонтажавтоматики» Минмонтажспецстроя СССР № 28-6-1/И19 от 5.07.88 «Об учете при проектировании порядка выполнения отдельных видов монтажных работ в соответствии с профилем монтажных организаций»

## 20.15. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

| <b>Термины</b>                                    | <b>Раздел</b> |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Граница проектирования . . . . .                  | 20.5.3        |
| Задание . . . . .                                 | 20.2          |
| Защитное заземление . . . . .                     | 20.5.3        |
| Кабельный подвод электроэнергии . . . . .         | 20.5.3        |
| Категория надежности электропитания . . . . .     | 20.5.3        |
| Номинальное напряжение питания . . . . .          | 20.5.3        |
| Освещение:                                        |               |
| – безопасности . . . . .                          | 20.4.2        |
| – дежурное . . . . .                              | 20.4.2        |
| – дополнительное искусственное . . . . .          | 20.4.2        |
| – естественное . . . . .                          | 20.4.2        |
| – искусственное . . . . .                         | 20.4.2        |
| – комбинированное . . . . .                       | 20.4.2        |
| – местное . . . . .                               | 20.4.2        |
| – общее . . . . .                                 | 20.4.2        |
| – рабочее . . . . .                               | 20.4.2        |
| – совмещенное . . . . .                           | 20.4.2        |
| – эвакуационное . . . . .                         | 20.4.2        |
| Рабочая поверхность . . . . .                     | 20.4.2        |
| Раздел АТХ.Зд.АС.АС . . . . .                     | 20.4.2        |
| Раздел АТХ.Зд.АС.КЖ . . . . .                     | 20.4.2        |
| Раздел АТХ.Зд.АС.ОВ . . . . .                     | 20.4.2        |
| Раздел АТХ.Зд.АС.ВК . . . . .                     | 20.4.2        |
| Раздел АТХ.Зд.АС.ЭО . . . . .                     | 20.4.2        |
| Условленная рабочая поверхность . . . . .         | 20.4.2        |
| Установленная мощность электроприемника . . . . . | 20.5.3        |
| Фон . . . . .                                     | 20.4.2        |
| Штепсельные розетки . . . . .                     | 20.5.3        |
| Электрический номинальный механизм . . . . .      | 20.5.3        |
| Электромагнитная совместимость . . . . .          | 20.5.3        |
| Электроснабжение АСУТП . . . . .                  | 20.5.3        |

**ЗАКЛАДНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ  
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ И ТРУБОПРОВОДАХ  
(ОТ РАЗРАБОТКИ ДО МОНТАЖА)**

На блок-схеме 6.Сх1 в строке 8/03 (и далее по аналогии 10/1–10/8) указана одна из процедур по разработке эскизов монтажных чертежей установки средств автоматизации на технологических коммуникациях; в строках 8/09–8/11 – процедуры по разработке задания на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах Зд.ТХ; в строках 11/04–11/11 – процедуры по составлению «Перечня закладных конструкций» как части общих данных рабочего проекта или рабочих чертежей.

Общие данные по рабочим чертежам АТХ дополняются по п. 4.2.2 ГОСТ 21.408-93 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» «Перечнем закладных конструкций, первичных приборов, размещаемых на технологическом, санитарно-техническом и другом оборудовании и коммуникациях». В перечень закладных конструкций, первичных приборов и средств автоматизации включают:

- закладные конструкции, предназначенные для установки приборов измерения температуры, отборных устройств давления, уровня, состава и качества вещества;
- первичные приборы (объемные и скоростные счетчики, сужающие устройства, ротаметры, датчики расходомеров и концентратомеров);
- поплавковые и буйковые датчики уровнемеров и сигнализаторов уровня;
- регулирующие клапаны.

Перечень заполняется проектировщиком АТХ (в пособии – АСУТП) по позициям спецификации и формы 3 ГОСТа после:

- выбора первичного измерительного преобразователя, первичного прибора или регулирующего органа;
- включения его в спецификацию;
- выбора закладной конструкции или присоединительного устройства для выбранного средства автоматизации.

В случае отсутствия типовой или ранее разработанной закладной конструкции проектировщик АСУТП должен разработать эскизный чертеж общего вида закладного устройства для средства автоматизации.

Эскизный чертеж официально передается в качестве «Задания на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах».

Чертежи установки приборов и закладных конструкций на технологическом и инженерном оборудовании и коммуникациях по п. 4.7.4 ГОСТ 21.408-93 выполняются в основных комплектах рабочих чертежей соответствующих марок (ТХ, ОВ, ВК и др.).

Стандарт, который устанавливает состав и правила оформления рабочих чертежей технологии производства всех отраслей промышленности и народного хозяйства, – ГОСТ 21.401-88. Он включает в состав рабочих чертежей схему соединений (монтажную), чертежи расположения оборудования и трубопроводов, ведомость трубопроводов.

Перечисленные документы определяют необходимость изображения, указания, обозначения, привязки, учета **элементов трубопровода**, в которые в соответствии с определением входят устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления.

Приведем пояснение термина по приложению 1 ГОСТ 21.401-88:

«7. **Элементы трубопровода** – патрубки (трубы), отводы, переходы, тройники, фланцы, компенсаторы, **отключающая, регулирующая, предохранительная арматура**, опоры, прокладки и крепежные изделия, **устройства, устанавливаемые на трубопроводах для контроля и управления, конденсационные** и другие детали и устройства».

Отмеченные элементы в рабочих чертежах ТХ и других частях проекта (ВК, ОВ и др.) **должны предусматриваться** в том числе по заданию проектировщиков систем контроля и управления (КИПиА и АСУТП).

В ГОСТ 21.401-88 **необходимость отображения** элементов трубопроводов устанавливается пунктами: 1.5, 3.2, 4.4, 5.1, 5.2, 6.2, 7, формой 3.

Отсутствие в рабочих чертежах ТХ, ВК, ОВ и т. п. элементов устройств контроля и управления должно выявляться монтажной организацией при подготовке к производству монтажных работ (п. 2.5 СНиП 3.05.07-85).

При приемке объекта под монтаж (пункт 2.8 СНиП 3.05.07-85) обращается внимание на выполнение строительных работ по установке закладных конструкций под приборы и средства автоматизации, а также площадок для обслуживания приборов и средств автоматизации.

Кроме того, по п. 2.12 СНиП 3.05.07-85:

«К началу монтажа систем автоматизации на технологическом, санитарно-техническом и других видах оборудования, на трубопроводах должны быть установлены:

– закладные и защитные конструкции для монтажа первичных приборов. Закладные конструкции для установки отборных устройств давления, расхода и уровня должны заканчиваться запорной арматурой;

– приборы и средства автоматизации, встраиваемые в трубопроводы, воздуховоды и аппараты (сужающие устройства, объемные и скоростные счетчики, ротаметры, проточные датчики расходомеров и концентратомеров, уровнемеры всех типов, регулирующие органы и т. п.)», а по п. 2.13: «На объекте в соответствии с технологическими, сантехническими, электротехническими и другими рабочими чертежами должно быть сделано следующее:

– проложены магистральные трубопроводы и разводящие сети с установкой арматуры для отбора теплоносителей к обогреваемым устройствам систем автоматизации, а также проложены трубопроводы для отвода теплоносителей;

– установлено оборудование и проложены магистральные и разводящие сети для обеспечения приборов и средств автоматизации электроэнергией и энергоносителями (сжатым воздухом, газом, маслом, паром, водой и т. п.), а также проложены трубопроводы для отвода энергоносителей;

– проложена канализационная сеть для сбора стоков от дренажных трубных проводов систем автоматизации;

– выполнена заземляющая сеть;

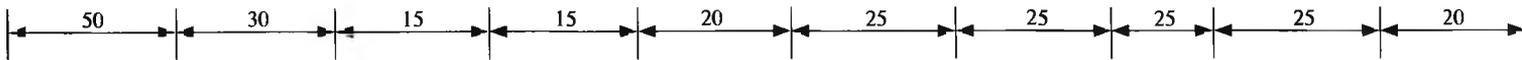
– выполнены работы по монтажу систем автоматического пожаротушения».

Приемка объекта под монтаж оформляется актом готовности объекта к производству работ по монтажу систем автоматизации, в котором особо отмечается правильность установки закладных конструкций и первичных приборов на технологическом оборудовании, аппаратах и трубопроводах.

В случае отсутствия или неправильности закладных конструкций и первичных приборов необходимо с заказчиком, генеральным строителем и субподрядчиком по выполнению соответствующей части строительно-монтажных работ решить вопрос устранения отмеченных недостатков и определить сроки, исполнителей и финансирование проведения необходимых работ.

## Формы заданий по смежным разделам проекта АСУТП

| Таблица АС.АС. Перечень помещений и требования к строительной части        |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            |                                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.АС.АС      |                                          |            |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|------------|
| Наименование                                                               | Помещение                                           |                                        |                                   | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Размер дверей h × b (высота × ширина), м   | Нагрузка на пол, кПа (кгс/м <sup>2</sup> ) | Допустимый уровень         |                                          | Примечание |
|                                                                            | Площадь (ширина вдоль окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота полная, м<br>Высота* в свету, м | Категория пожаро-взрыво-опасности |                                            |                                            |                                            | Звук, дБ (1000 Гц)         | Вибрация (корректированное значение, дБ) |            |
| Таблица АС.ОВ. Перечень помещений и требования к отоплению и вентиляции    |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            |                                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ОВ      |                                          |            |
| Наименование                                                               | Площадь (ширина вдоль окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота полная, м<br>Высота* в свету, м | Категория пожаро-взрыво-опасности | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Установленная мощность оборудования, кВт·А | Требуемое значение воздуха                 |                            |                                          | Примечание |
|                                                                            |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            | Температура, °С                            | Относительная влажность, % | Скорость движения, м/с                   |            |
| Таблица АС.ВК. Перечень помещений и требования к водопроводу и канализации |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            |                                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ВК      |                                          |            |
| Наименование                                                               | Площадь (ширина вдоль окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота полная, м<br>Высота* в свету, м | Категория пожаро-взрыво-опасности | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Количество мест подключения, шт.           | Расход воды, л/смена                       |                            |                                          | Примечание |
|                                                                            |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            | Система освещения                          | Рабочее                    | Аварийное                                |            |
| Таблица АС.ЭО. Перечень помещений и требования к освещению                 |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            |                                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ЭО      |                                          |            |
| Наименование                                                               | Площадь (ширина вдоль окон × длину), м              | Высота полная, м<br>Высота* в свету, м | Категория пожаро-взрыво-опасности | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Рабочая поверхность                        | Освещение, освещенность (не менее), лк     |                            |                                          | Примечание |
|                                                                            |                                                     |                                        |                                   |                                            |                                            | Система освещения                          | Рабочее                    | Аварийное                                |            |



\* Высота в свету – высота помещения от пола до подвесного потолка.

| Таблица АС.ПС. Перечень помещений и требования к пожарной сигнализации и пожаротушению     |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ПС |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| Наименование                                                                               | Площадь (ширина вдоль окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота пол-ная, м<br>Высота* в свету, м | Катего-рия пожаро-взрыво-опасности     | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Число прово-дов или кабе-лей за двой-ным потол-ком, шт. | Необходимость применения    |                              | Огнетуша-щее вещество АУПТ | Примечание           |  |
|                                                                                            |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         | АУПС                        | АУПТ                         |                            |                      |  |
| Таблица ЭС. Перечень потребителей и требования к электротехнической части                  |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXX-АТХ.Зд.ЭС    |  |
| Потребитель                                                                                |                                                     | Пожаро-взрыво-опасность                 | Категория снабжения<br>Режим работы    | Электрические данные                       |                                                         |                             |                              | Окружающая температура, °С | Примечание           |  |
| Наименование                                                                               | Место установки                                     |                                         |                                        | Установлен-ная мощ-ность, кВт·А            | Напряже-ние, В<br>Частота, Гц                           | Тип тоководущих проводников | Тип за-земле-ния             |                            |                      |  |
| Таблица ВС. Перечень потребителей сжатого воздуха и требования к энергоносителю            |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.ВС   |  |
| Потребитель                                                                                |                                                     | Пожаро-взрыво-опасность                 | Материал трубопро-вода<br>Режим работы | Энергоноситель                             |                                                         |                             |                              | Окружающая температура, °С | Примечание           |  |
| Наименование                                                                               | Место установки                                     |                                         |                                        | Класс загряз-ненности                      | Давление, кПа                                           | Расход мгновенный, л/мин    | Расход общий, л/мин          |                            |                      |  |
| Таблица ТЧС. Перечень потребителей гидроэнергии и требования к энергоносителю              |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.ТЧС  |  |
| Потребитель                                                                                |                                                     | Пожаро-взрыво-опасность                 | Режим работы                           | Энергоноситель                             |                                                         |                             |                              | Окружающая температура, °С | Примечание           |  |
| Наименование                                                                               | Место установки                                     |                                         |                                        | Вид                                        | Давление, кПа                                           | Расход мгновенный, л/мин    | Расход общий, л/мин          |                            |                      |  |
| Таблица ХС. Перечень потребителей теплоносителя и хладагента и требования к энергоносителю |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXXX-АТХ.Зд.ХС   |  |
| Потребитель                                                                                |                                                     | Пожаро-взрыво-опасность                 | Режим работы                           | Энергоноситель                             |                                                         |                             |                              | Окружающая температура, °С | Примечание           |  |
| Наименование                                                                               | Место установки                                     |                                         |                                        | Вид                                        | Давление, кПа                                           | Расход мгновенный, л/мин    | Расход общий, л/мин          |                            |                      |  |
| Таблица СС2. Перечень сетей передачи данных                                                |                                                     |                                         |                                        |                                            |                                                         |                             |                              |                            | XXXXXXX-АТХ.Зд.СС2   |  |
| Вид сети передачи данных                                                                   | Начало сети                                         | Конец сети                              | Вид канала                             | Канал передачи данных                      |                                                         |                             |                              | Окружающая температура, °С | Примечание           |  |
|                                                                                            |                                                     |                                         |                                        | Сопротивле-ние шлейфа, Ом                  | Скорость передачи, Мбит/с                               | Ширина пропускания, Гц      | Затуха-ние до-пуская-ния, дБ |                            |                      |  |



| Таблица АС.КЖ. Перечень опорных конструкций, проходов и закладных частей в помещении АСУТП   |                                          |                            |                          |                                |                                      |                     |                        |                                    | XXXXXX-АТХ.Зд.АС.КЖ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Наименование помещения/<br>место установки                                                   | Щит или щитовой                          |                            |                          | Проход через стену, перекрытие |                                      |                     | Проводка               |                                    | Примечание          |
|                                                                                              | Масса, кг<br>Ширина ×<br>× глубина, м    | Вид опорной<br>конструкции | Вид провода,<br>проводок | Количество,<br>шт.<br>вид      | Ширина ×<br>× глубина<br>(высота), м | Вид<br>уплотнения   | Способ<br>монта-<br>жа | Закладная<br>часть,<br>№ чертежа   |                     |
| Таблица КЖ1. Перечень опорных конструкций, проходов и закладных частей на объекте управления |                                          |                            |                          |                                |                                      |                     |                        |                                    | XXXXXX-АТХ.Зд.КЖ1   |
| Наименование помещения/<br>место установки                                                   | Местный щит и пульт                      |                            |                          | Проход через стену, перекрытие |                                      |                     | Проводка               |                                    | Примечание          |
|                                                                                              | Масса, кг<br>Ширина ×<br>× глубина, м    | Вид опорной<br>конструкции | Вид провода,<br>проводок | Количество,<br>шт.<br>вид      | Ширина ×<br>× глубина<br>(высота), м | Вид уплотне-<br>ния | Способ<br>монта-<br>жа | Закладная<br>часть, № чер-<br>тежа |                     |
| Таблица КЖ2. Перечень площадок обслуживания, эстакад на объекте управления АСУТП             |                                          |                            |                          |                                |                                      |                     |                        |                                    | XXXXXX-АТХ.Зд.КП    |
| Место<br>установки                                                                           | Площадка обслуживания/эстакада           |                            |                          | Проход через стену, перекрытие |                                      |                     | Проводка               |                                    | Примечание          |
|                                                                                              | Нагрузка, кг<br>Ширина ×<br>× глубина, м | Высота, м                  | Вид<br>лестницы          | Количество,<br>шт.<br>вид      | Ширина ×<br>× глубина<br>(высота), м | Вид<br>уплотнения   | Способ<br>монта-<br>жа | Закладная<br>часть,<br>№ чертежа   |                     |
| 50                                                                                           | 30                                       | 15                         | 15                       | 20                             | 35                                   | 15                  | 15                     | 35                                 | 20                  |

| Таблица СС1. Перечень средств связи и сигнализации |                         |                            |                          |    |    |    |    |    | XXXXXX-АТХ.Зд.СС |            |    |
|----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----|----|----|----|----|------------------|------------|----|
| Помещение/место установки                          |                         | Пожаровзрыво-<br>опасность | Вид связи и сигнализации |    |    |    |    |    |                  | Примечание |    |
| Наименование                                       | Площадь, м <sup>2</sup> |                            |                          |    |    |    |    |    |                  |            |    |
| 50                                                 | 30                      | 15                         | 15                       | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15               | 15         | 20 |

| Таблица ТХ. Перечень закладных конструкций и иерархических приборов |                                               |                             |                               |                     |                         |                     | XXXXXX-АТХ.Зд.ТХ |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Место установки                                                     | Измеряемый,<br>регулируемый<br>параметр среды | № поз. по СО<br>Кол-во, шт. | Прибор или регулирующий орган |                     | Закладная конструкция   |                     | Примечание       |
|                                                                     |                                               |                             | Наименование,<br>тип          | Чертеж<br>установки | Наименование<br>или тип | Чертеж<br>установки |                  |
| 50                                                                  | 25                                            | 15                          | 35                            | 35                  | 35                      | 35                  | 20               |

## Разделы задания, в которых учитываются требования к смежным разделам проекта

| Марки                            | Смежные разделы проекта                                               | Задание ХХХХХХ-АТХ.Зд. ... |       |       |       |       |       | Задание ХХХХХХ-АТХ.Зд. ... |       |        |       |                  |                   |       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|--------|-------|------------------|-------------------|-------|
|                                  |                                                                       | АС.АС                      | АС.КЖ | АС.ОВ | АС.ВК | АС.ЭО | АС.ПС | ...ЭС                      | ...ВС | ...ТЧС | ...ХС | ...КЖ1<br>...КЖ2 | ...СС1<br>...СС2  | ...ТХ |
| АР                               | Архитектура                                                           | +                          | (+)   | —*    | —     | —     | —     | —*                         | —     | —      | —     | +                | —* CC2            | —     |
| С, КЖ                            | Конструкция                                                           | +                          | +     | —*    | —     | —     | —     | —*                         | —     | —      | —     | +                | —                 | —     |
| АР, АС                           | Интерьер                                                              | +                          | (+)   | —*    | —     | +*    | —     | —                          | —     | —      | —     | (+)              | (+)               | —     |
| КЖ                               | Каналы, проемы                                                        | (+)                        | +     | —*    | —*    | —*    | —*    | —*                         | —     | —      | —     | +                | (+)<br>СС1<br>СС2 | —     |
| ОВ                               | Отопление,<br>вентиляция,<br>кондиционирование                        | —                          | (+)   | +     | —     | —     | —     | —                          | —     | —      | —     | —                | —                 | (+)   |
| ВК                               | Водоснабжение,<br>канализация                                         | —                          | —     | —     | +     | —     | —     | —                          | +     | (+)    | (+)   | —                | —                 | (+)   |
| ЭО, ЭМ                           | Электроснабжение,<br>электроосвещение                                 | —                          | —     | —     | —     | +     | —*    | +                          | —     | —      | —     | —                | —                 | —     |
| СС, РТ                           | Связь, радификация                                                    | —                          | —     | —     | —     | —     | —     | —                          | —     | —      | —     | —                | + CC1             | —     |
| ПС, ОС,<br>ПТ                    | Пожарная сигнализа-<br>ция, охранная сигнали-<br>зация, пожаротушение | —                          | —     | —     | —     | —*    | +     | —*                         | —     | —      | —     | —                | + CC2             | (+)   |
| ТХ, ТК,<br>ОВ, ВК,<br>технологии | Технологии                                                            | —                          | —     | —     | —     | —     | —     | —                          | (+)   | +      | +     | —                | —                 | +     |

Примечание. По разделу 20.2:

+ — обязательное включение в задание требований по маркам основных комплектов РД;

(+) — возможное включение требований по маркам РД.

\* Возможное дополнительное задание по маркам основного комплекта РД от проектировщика смежного раздела проекта, которое составляется им после получения задания от проектировщика АСУТП.

## Технические материалы, используемые для разработки задания

| №<br>п/п                                                                                             | Наименование материала                                                                                                                                            | Разделы задания |    |    |     |    |    |    | Примечание |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----|----|-----|----|----|----|------------|----|
|                                                                                                      |                                                                                                                                                                   | АС              | ЭС | ВС | ТЧС | ХС | КЖ | СС |            | ТХ |
| <i>1. Материалы, предоставляемые заказчиком/генпроектировщиком</i>                                   |                                                                                                                                                                   |                 |    |    |     |    |    |    |            |    |
| 1.1                                                                                                  | Генеральный план технологического объекта управления                                                                                                              | +               | +  | +  | +   | +  | +  | +  | —          |    |
| 1.2a                                                                                                 | Строительные чертежи производственных помещений: планы                                                                                                            | +               | +  | +  | +   | +  | +  | +  | +          |    |
| 1.2б                                                                                                 | Строительные чертежи производственных помещений: разрезы                                                                                                          | +               | +  | +  | +   | +  | +  | +  | +          |    |
| 1.3                                                                                                  | Аппаратурно-технологическая схема производства с указанием материалов и диаметров условных проходов трубопроводов                                                 | —               | —  | —  | —   | —  | —  | —  | +          |    |
| 1.4                                                                                                  | Характеристика сред технологического процесса                                                                                                                     | —               | —  | —  | —   | —  | —  | —  | +          |    |
| 1.5                                                                                                  | Чертежи технологического оборудования (габаритные чертежи, разрезы)                                                                                               | —               | —  | —  | —   | —  | —  | —  | +          |    |
| 1.6                                                                                                  | Перечень контролируемых и регулируемых параметров                                                                                                                 | —               | +  | +  | +   | +  | —  | —  | +          |    |
| 1.7                                                                                                  | Виды и объемы передаваемой информации на вычислительную технику (контроллеры, компьютеры), щиты диспетчера, оператора и т. п.                                     | —               | —  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| <i>2. Материалы, разрабатываемые автором задания и согласованные с заказчиком/генпроектировщиком</i> |                                                                                                                                                                   |                 |    |    |     |    |    |    |            |    |
| 2.1                                                                                                  | Основные технические решения по организации пунктов контроля и управления                                                                                         | +               | +  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| 2.2                                                                                                  | Основные решения по организации эксплуатации и обслуживания КТС                                                                                                   | +               | +  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| 2.3                                                                                                  | Схема организационной структуры                                                                                                                                   | +               | +  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| 2.4                                                                                                  | Компоновка помещений системы (диспетчерская, операторная и др.)                                                                                                   | +               | —  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| 2.5                                                                                                  | Основные технические решения по организации обеспечения АСУТП энергоносителями                                                                                    | —               | +  | +  | +   | +  | +  | +  | —          |    |
| <i>3. Проектные материалы автора задания</i>                                                         |                                                                                                                                                                   |                 |    |    |     |    |    |    |            |    |
| 3.1                                                                                                  | Основные технологические решения по выбору и размещению комплекса технических средств КТС АСУТП                                                                   | +               | +  | +  | +   | +  | +  | +  | +          |    |
| 3.2                                                                                                  | Структурная схема КТС                                                                                                                                             | +               | —  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |
| 3.3                                                                                                  | Функциональная схема автоматизации технологического процесса (или перечень систем контроля, регулирования, управления и сигнализации), согласованная с заказчиком | +               | +  | +  | +   | —  | —  | —  | +          |    |
| 3.4                                                                                                  | Эскизы общих видов щитов и пультов                                                                                                                                | +               | —  | —  | —   | —  | —  | +  | —          |    |

|                                                                  |                                                                                                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 3.5                                                              | Ведомости (спецификации) на приборы и средства автоматизации, средства вычислительной и компьютерной техники и сетей передачи данных, электроаппаратуру, щиты и пульта и др. | - | + | + | + | + | - | + | + |  |
| <b>4. Используемые материалы</b>                                 |                                                                                                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 4.1                                                              | Типовые проектные решения ( типовые проекты) и ранее выполненные проекты систем объектов-аналогов                                                                            | - | + | + | + | + | - | + | + |  |
| 4.2                                                              | Установочные чертежи щитов и пультов                                                                                                                                         | + | - | - | - | - | + | - | - |  |
| 4.3                                                              | Чертежи установки приборов и средств автоматизации                                                                                                                           | - | - | - | - | - | + | - | + |  |
| 4.4                                                              | ГОСТ, СНиП, СН, РМ, РД, НПБ, ПБ, ПУЭ и др.                                                                                                                                   | + | + | + | + | + | + | + | + |  |
| 4.5                                                              | Руководящие материалы по проектированию                                                                                                                                      | + | + | + | + | + | + | + | + |  |
| <b>5. Материалы предприятий-изготовителей оборудования АСУТП</b> |                                                                                                                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 5.1                                                              | Требования/рекомендации разработчиков технических средств по размещению и привязке технических средств, по организации их обслуживания                                       | + | - | - | - | - | + | + | + |  |
| 5.2                                                              | Монтажно-эксплуатационные инструкции/паспорта на приборы и средства автоматизации, руководства по эксплуатации/паспорта устройств вычислительной техники                     | - | + | + | + | + | - | + | + |  |

Таблица 20.Т3

### Распределение ответственности должностных лиц проектировщика «системы» за получение и использование материалов

| Группа материалов              | Менеджер проекта, ГИП | Руководитель подразделения |               |               | Примечания |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|---------------|------------|
|                                |                       | НТД                        | Комплектация* | Разработки ТО |            |
| 1. Заказчика/генпроектировщика | ++                    |                            |               | +             |            |
| 2. Авторские с согласованием   | ++                    |                            |               | +             |            |
| 3. Авторские                   | +                     |                            | (+)           | +             |            |
| 4. Используемые                |                       | ++                         |               | +             |            |
| 5. Предприятий-изготовителей   | +                     |                            | ++            | +             |            |

#### Примечание.

++ – главная ответственность;

+ – ответственность;

(+) – ответственность за закупку оборудования ТО.

\* В случае отсутствия подразделения, ответственного за комплектацию оборудования, получение материалов по пп. 3 и 5 осуществляет разработчик ТО. ТО – техническое обеспечение АСУТП.

Таблица 20.Т4  
(Справочная)

## Перечень помещений и зданий АСУТП с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности

| № п/п      | Наименование помещения                                                                                                                                                                                     | Условия производства, характеристика веществ и материалов в помещении                        | Категория помещения | Примечание |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|
| 5          | Помещения щитов, пунктов управления (ЦЩУ, ГЩУ, БЩУ, МЩУ, ГРЩУ, ЦПУ, АПУ, ППУ, ОПУ и т. п.)                                                                                                                 | Щиты НКУ релейной защиты и автоматики управления и регулирования.<br>Трудногорючие материалы | В4                  |            |
| 7          | Кабельные сооружения (туннели, шахты, этажи, галереи)                                                                                                                                                      | Наличие горючих материалов, включая кабели, не распространяющие горение (НГ)                 | В1                  |            |
| 26         | Помещения мастерских:                                                                                                                                                                                      |                                                                                              |                     |            |
| 26.6<br>II | Сантехнических, заготовительных, слесарных, инструментальных, ремонта автокар, дробеструйных, электроизмерительной аппаратуры, химического контроля, градуирования, гидроавтоматики, снаряжения, водолазов | Негорючие вещества в холодном состоянии                                                      | Д                   |            |
| 26.7       | Теплоизоляционных, электронной и электротехнической аппаратуры, средств автоматизации, ТАИ, аппаратуры связи                                                                                               | Горючие материалы в небольших объемах                                                        | В4                  |            |
| 27         | Помещения лабораторий:                                                                                                                                                                                     |                                                                                              |                     |            |
| 27.3       | Водной аналитической, аналитической газа, приборов технологического контроля, гидроавтоматики                                                                                                              | Негорючие вещества в холодном состоянии                                                      | Д                   |            |
| 27.4       | Электротехнической и КИПиА                                                                                                                                                                                 | Горючие вещества в малом количестве                                                          | В4                  |            |
| 28         | Закрытые склады и кладовые:                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                     |            |
| 28.5       | Кладовая ЗИП, негорючих материалов и изделий, хранилище радиоактивных изотопов                                                                                                                             | Негорючая упаковка                                                                           | Д                   |            |

*Примечание.*

Справочная таблица составлена на основании «Перечня помещений и зданий энергетических объектов РАО „ЕЭС России“ с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности», введенного в действие 1 апреля 1998 г.

Помещения АСУТП в большой степени соответствуют приведенным в таблице помещениям по перечню, действующему в РАО «ЕЭС России».

Таблица 20.Т5

**Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений**

| Период года                   | Температура воздуха, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с, не более |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| Теплый                        | 20–22                   | 60–30                              | 0,2                                      |
|                               | 23–25                   | 60–30                              | 0,3                                      |
| Холодный и переходные условия | 20–22                   | 45–30                              | 0,2                                      |

*Примечания:*

- Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.
- Таблица соответствует приложению 5 (обязательному) СНиП 2.04.05-91.

Таблица 20.Т6

**Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ**

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С, не более | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | легкая – 1а     | 22–24                             | 40–60                              | 0,1                            |
|             | легкая – 1б     | 21–23                             | 40–60                              | 0,1                            |
| Теплый      | легкая – 1а     | 23–25                             | 40–60                              | 0,1                            |
|             | легкая – 1б     | 22–24                             | 40–60                              | 0,2                            |

*Примечания:*

- К категории 1а относятся работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч.
- К категории 1б относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч.
- Таблица соответствует приложению 4 (справочному) СанПиН 2.2.2.542-96.

Таблица 20.Т7

**Системы отопления**

| Помещения                                                                                                       | Системы отопления (отопительные приборы, теплоноситель, предельная температура теплоносителя или теплоотдающей поверхности)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11. Производственные:<br>а) категорий А, Б, и В без выделения пыли и аэрозолей или с выделением негорючей пыли; | Воздушное (в соответствии с пп. 4.10 и 4.11).<br>Воляное и паровое (в соответствии с пп. 3.9 и 3.19) при температуре теплоносителя: воды 150 °С, пара 130 °С.<br>Электрическое и газовое для помещений категории В (кроме складов категории В) при температуре на теплоотдающей поверхности 130 °С.<br>Электрическое для помещений категорий А и Б (кроме складов категорий А и Б) во взрывозащищенном исполнении в соответствии с ПУЭ при температуре на теплоотдающей поверхности 130 °С |

Окончание табл. 20.Т7

| Помещения                                                                                                                                                        | Системы отопления (отопительные приборы, теплоноситель, предельная температура теплоносителя или теплоотдающей поверхности)                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| в) категорий Г и Д без выделения пыли и аэрозолей;                                                                                                               | Воздушное.<br>Водяное и паровое с ребристыми трубами, радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя: воды 150 °С, пара 130 °С.<br>Водяное с нагревательными элементами и стойками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с п. 3.16).<br>Газовое и электрическое, в том числе с высокотемпературными темными излучателями (в соответствии с пп. 2.7 и 3.18) |
| г) категорий Г и Д с повышенными требованиями к чистоте воздуха                                                                                                  | Воздушное.<br>Водяное с радиаторами (без оребрения), панелями и гладкими трубами при температуре теплоносителя 150 °С.<br>Водяное с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с п. 3.16)                                                                                                                                                      |
| д) категорий Г и Д с выделением негорючих пыли и аэрозолей                                                                                                       | Воздушное.<br>Водяное и паровое с радиаторами при температуре теплоносителя: воды 150 °С, пара 130 °С.<br>Водяное с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с п. 3.16).<br>Электрическое и газовое с температурой на теплоотдающей поверхности 150 °С                                                                                       |
| 12. Лестничные клетки, пешеходные переходы и вестибюли                                                                                                           | Водяное и паровое с радиаторами, конвекторами и калориферами при температуре теплоносителя: воды 150 °С, пара 130 °С.<br>Воздушное                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14. Отдельные помещения и рабочие места в неотапливаемых и отапливаемых помещениях с температурой воздуха ниже нормируемой (кроме помещений категорий А, Б, и В) | Газовое и электрическое, в том числе с высокотемпературными излучателями (в соответствии с пп. 2.7 и 3.18)                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

*Примечание.*

Приведенные пункты таблицы соответствуют приложению 5 (обязательному) СНиП 2.04.05-91.

## Нормируемые показатели освещения некоторых помещений общественных и вспомогательных зданий

| Помещения                                                                                                                                                                                                                                                | Плотность (Г – горизонтальная, В – вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м | Класс и подкласс при разряде | Искусственное освещение               |                     |                              |                                  |                                                 | Естественное освещение                    |                       | Сочетанное освещение                      |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                 |                              | Освещенность рабочих поверхностей, лк |                     | Циркулярная освещенность, лк | Показатель дискомфорта, не более | Коэффициент пульсации освещенности, %, не более | КЕО, е.н, %                               |                       | КЕО, е.н, %                               |                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                 |                              | При комбинированном освещении         | При общем освещении |                              |                                  |                                                 | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении |
| <i>Административные здания (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты, управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения и т. п.)</i>                                                         |                                                                                                                 |                              |                                       |                     |                              |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
| 1. Кабинеты и рабочие комнаты                                                                                                                                                                                                                            | Г – 0,8                                                                                                         | Б – 1                        | 400/200                               | 300                 | —                            | 40                               | 15                                              | 3,0                                       | 1,0                   | 1,8                                       | 0,6                   |
| 5. Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, дисплейные залы                                                                                                                                                                                  | В – 1,2 (на экране дисплея)                                                                                     | Б – 2                        | —                                     | 200                 |                              |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                          | Г – 0,8 – на рабочих столах                                                                                     | А – 2                        | 500/300                               | 400                 | —                            | 15                               | 10                                              | 3,5                                       | 1Д                    | 2Д                                        | 0,7                   |
| 9. Лаборатории: органической и неорганической химии, термические, физические, спектрографические, стилометрические, фотометрические, микроскопные, рентгеноструктурного анализа, механические и радиоизмерительные, электронных устройств, препаративные | Г – 0,8                                                                                                         | А – 2                        | 500/300                               | 400                 |                              | 40                               | 10                                              | 3,5                                       | 1,2                   | 2Д                                        | 0,7                   |
| <i>Учреждения общего образования, начального, среднего и высшего специального образования</i>                                                                                                                                                            |                                                                                                                 |                              |                                       |                     |                              |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
| 14. Кабинеты информатики и вычислительной техники                                                                                                                                                                                                        | В – 1,0 (на экране дисплея)                                                                                     | Б – 2                        | —                                     | 200                 | —                            | —                                | —                                               | —                                         | —                     | —                                         | —                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                          | Г – 0,8 – на рабочих столах и партах                                                                            | А – 2                        | 500/300                               | 400                 | —                            | 15                               | 10                                              | 3,5                                       | 1,2                   | 2,1                                       | 0,7                   |

| Помещения                                                                                                                                                                    | Плоскость (Г – горизонтальная, В – вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м | Разряд и под-разряд зрительных работ | Искусственное освещение               |                     |                                 |                                  |                                                 | Естественное освещение                    |                       | Совмещенное освещение                     |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                 |                                      | Освещенность рабочих поверхностей, лк |                     | Цилиндрическая освещенность, лк | Показатель дискомфорта, не более | Коэффициент пульсации освещенности, %, не более | КЕО, е <sub>н</sub> , %                   |                       | КЕО, е <sub>н</sub> , %                   |                       |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                 |                                      | При комбинированном освещении         | При общем освещении |                                 |                                  |                                                 | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении |
| <i>Предприятия бытового обслуживания населения</i>                                                                                                                           |                                                                                                                 |                                      |                                       |                     |                                 |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
| 58. Ремонтные мастерские:<br>б) ремонт обуви, галантереи, металлоизделий, изделий из пластмассы, бытовых электроприборов;<br>г) ремонт фото-, кино-, радио- и телеаппаратуры | Г–0,8                                                                                                           | Ша                                   | 2000/300                              | —                   | —                               | 40                               | 10/15                                           | —                                         | —                     | 3,0                                       | 1,2                   |
|                                                                                                                                                                              | Г–0,8                                                                                                           | Пв                                   | 2000/200                              | —                   | —                               | 20                               | 10/20                                           | —                                         | —                     | 4,2                                       | 1,5                   |
| <i>Вспомогательные здания и помещения</i>                                                                                                                                    |                                                                                                                 |                                      |                                       |                     |                                 |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
| 67. Санитарно-бытовые помещения:<br>б) душевые, гардеробные, помещения для сушки, обеспыливания и обезвреживания одежды и обуви, помещения для обогрева работающих           | Пол                                                                                                             | Ж–2                                  | —                                     | 50                  | —                               | —                                | —                                               | —                                         | —                     | —                                         | —                     |
| <i>Прочие помещения производственных, вспомогательных и общественных зданий</i>                                                                                              |                                                                                                                 |                                      |                                       |                     |                                 |                                  |                                                 |                                           |                       |                                           |                       |
| 69. Вестибюли и гардеробные уличной одежды:<br>б) в прочих промышленных, вспомогательных и общественных зданиях                                                              | Пол                                                                                                             | Ж–1                                  | —                                     | 75                  | —                               | —                                | —                                               | —                                         | —                     | —                                         | —                     |

|                                                                                                       |                         |     |   |     |   |   |   |   |   |   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----|
| 70. Лестницы:<br>а) главные лестничные клетки общественных, производственных и вспомогательных зданий | Пол (площадки, ступени) | В-2 | — | 100 | — | — | — | — | — | — | 0,2 |
|                                                                                                       | Пол, Г-0,0              | Ж-2 | — | 50  | — | — | — | — | — | — | 0,1 |
| 71. Лифтовые холлы: в общественных, производственных и вспомогательных зданиях                        | Пол, Г-0,0              | Ж-1 | — | 75  | — | — | — | — | — | — | —   |
| 72. Коридоры и проходы:<br>б) поэтажные коридоры жилых зданий;<br>в) остальные коридоры               | Пол, Г-0,0              | З-2 | — | 20  | — | — | — | — | — | — | —   |
|                                                                                                       | Пол, Г-0,0              | Ж-2 | — | 50  | — | — | — | — | — | — | —   |

*Примечания:*

1. Наличие нормируемых значений освещенности в графах обеих систем искусственного освещения указывает на возможность применения одной из этих систем.
2. При дробном обозначении освещенности, приведенной в графе 4 таблицы, в числителе указана норма освещенности от общего и местного освещения на рабочем месте, а в знаменателе — освещенность от общего освещения по помещению.
3. При дробном обозначении показателя дискомфорта, приведенного в графе 7 таблицы, в числителе указана норма для общего освещения в системе комбинированного освещения, а в знаменателе — для системы одного общего освещения.
4. При дробном обозначении коэффициента пульсации, приведенного в графе 8 таблицы, в числителе указана норма для местного освещения или одного общего освещения, а в знаменателе — для общего освещения в системе комбинированного.

Таблица 20.Т9

**Перечень зданий, сооружений и помещений, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации**

| Объект защиты                                                                                                                                                      | Нормативный показатель            |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                                                                                                    | АУПТ                              | АУПС                              |
| <b>Здания</b>                                                                                                                                                      |                                   |                                   |
| 1. Здания складов <i>категории В</i> по пожарной опасности с хранением на стеллажах высотой 5,5 м и более                                                          | Независимо от площади и этажности |                                   |
| 2. Здания складов <i>категории В</i> по пожарной опасности высотой два этажа и более (кроме указанных в п. 1)                                                      | Независимо от площади             |                                   |
| 7.2. Административно-бытового назначения                                                                                                                           | 1200 м <sup>2</sup> и более       | Менее 1200 м <sup>2</sup>         |
| 9. Здания общественного и административно-бытового назначения (кроме указанных в пп. 11 и 13)                                                                      |                                   | Независимо от площади и этажности |
| <b>Сооружения</b>                                                                                                                                                  |                                   |                                   |
| 1. Кабельные сооружения* электростанций                                                                                                                            | Независимо от площади             |                                   |
| 4. Кабельные сооружения промышленных и общественных зданий                                                                                                         | Более 100 м <sup>3</sup>          | 100 м <sup>3</sup> и менее        |
| 5. Комбинированные тоннели производственных и общественных зданий при прокладке в них кабелей и проводов напряжением 220 В и выше в количестве:                    |                                   |                                   |
| 5.1. Объемом более 100 м <sup>3</sup>                                                                                                                              | 12 шт. и более                    | От 5 до 12 шт.                    |
| 5.2. Объемом 100 м <sup>3</sup> и менее                                                                                                                            |                                   | 5 и более шт.                     |
| 6. Кабельные тоннели и закрытые полностью галереи (в том числе комбинированные), прокладываемые между промышленными зданиями                                       |                                   | 50 м <sup>3</sup> и более         |
| <b>Общественные помещения</b>                                                                                                                                      |                                   |                                   |
| 35. Помещения для размещения:                                                                                                                                      |                                   |                                   |
| 35.1. Электронно-вычислительных машин (ЭВМ), работающих в системах управления сложными технологическими процессами, нарушение которых влияет на безопасность людей | Независимо от площади             |                                   |
| 35.2. Связных процессоров (серверные), архивов магнитных и бумажных носителей, графопостроителей, печати информации на бумажных носителях (принтерные)             | 24 м <sup>2</sup> и более         | Менее 24 м <sup>2</sup>           |
| 35.3. Для размещения персональных ЭВМ на рабочих столах пользователей                                                                                              |                                   | Независимо от площади             |
| 38. Помещения иного административного и общественного назначения, в том числе встроенные и пристроенные                                                            |                                   | Независимо от площади             |

\* Под кабельными сооружениями в настоящих нормах понимаются тоннели, каналы, подвалы, шахты, этажи, двойные полы, галереи, камеры, используемые для прокладки электрокабелей (в том числе совместно с другими коммуникациями).

*Примечания:*

1. Кабельные сооружения, пространства за подвесными потолками и под двойными полами, автоматическими установками не оборудуются (за исключением пп. 1–3):

а) при прокладке кабелей (проводов) в стальных водогазопроводных трубах или стальных сплошных коробах с открываемыми сплошными крышками;

б) при прокладке трубопроводов и воздухопроводов с негорючей изоляцией;

в) при прокладке одиночных кабелей (проводов) типа НГ для питания цепей освещения;

г) при прокладке кабелей (проводов) типа ГГ с общим объемом горючей массы менее 1,5 л на КЛ за подвесными потолками, выполненными из материалов группы горючести НГ и ГГ.

2. В случае если здание (помещение) в целом подлежит защите АУПТ, пространства за подвесными потолками при прокладке в них воздухопроводов, трубопроводов с изоляцией, выполненной из материалов группы горючести Г1–Г4 или кабелей (проводов) с объемом горючей массы кабелей (проводов) более 7 л на 1 м КЛ, необходимо защищать соответствующими установками. При этом если высота от перекрытия до подвесного потолка не превышает 0,4 м, устройство АУПТ не требуется.

3. Таблица частично соответствует таблицам 1–3 НПБ 110-03.

## Примеры заданий по смежным разделам проекта АСУТП

| Таблица АС.АС. Перечень помещений и требования к строительной части |                                                      |                                            |                                              |                                            |                                         |                                               | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.АС  |                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|------------|
| Помещение                                                           |                                                      |                                            |                                              | Количество персонала, чел.<br>Режим работы | Размер дверей h×b<br>(высота×ширина), м | Нагрузка на пол, кПа<br>(кгс/м <sup>2</sup> ) | Допустимый уровень    |                                                       | Примечание |
| Наименование                                                        | Площадь<br>(ширина вдоль окон×длину), м <sup>2</sup> | Высота полная, м.<br>Высота*<br>в свету, м | Категория<br>пожаро-<br>взрыво-<br>опасности |                                            |                                         |                                               | Звук, дБ<br>(1000 Гц) | Вибрация<br>(корректиро-<br>ванное значе-<br>ние, дБ) |            |
| Операторная                                                         | 36 (6×6)                                             | 3,2                                        | В4                                           | $\frac{2}{3}$ смены                        | 2×0,8                                   | 500                                           | < 10                  | < 3                                                   |            |
| Старший оператор                                                    | 18 (3×6)                                             | 3,2                                        | В4                                           | $\frac{1}{1}$ смена                        | 2×0,8                                   | 350                                           | < 10                  | < 3                                                   |            |
| Системный инженер                                                   | 18 (3×6)                                             | 3,2                                        | В4                                           | $\frac{1}{1}$ смена                        | 2×0,8                                   | 350                                           | < 10                  | < 3                                                   |            |
| Программисты                                                        | 15 (2,5×6)                                           | 3,2                                        | В4                                           | $\frac{2}{1}$ смена                        | 2×0,8                                   | 350                                           | < 10                  | < 3                                                   |            |
| Инженеры технического обслуживания                                  | 21 (3,5×6)                                           | 3,2                                        | д                                            | $\frac{1+1 \text{ днем}}{3}$ смены         | 2×0,8                                   | 500                                           | < 10                  | < 6                                                   |            |
| Аппаратная                                                          | 36 (6×6)                                             | 3,2                                        | В4                                           | $\frac{-}{3}$ смены                        | 2,4×1,2                                 | 500                                           | < 25                  | < 6                                                   |            |

**Примечание.**

Требования к вспомогательным помещениям:

- бытовым и приема пищи определяется в документации марки АС;
- электротехническому – марки ЭС;
- вентиляционной – марки ОВ.

\* Высота в свету – высота помещения от пола до подвесного потолка.

| Таблица АС.ОВ. Перечень помещений и требования к отоплению и вентиляции |                                                           |                                               |                                              |                                               |                                                            |                            | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ОВ                 |                              |                        |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Наименование                                                            | Площадь<br>(ширина вдоль<br>окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота<br>полная, м.<br>Высота*<br>в свету, м | Категория<br>пожаро-<br>взрыво-<br>опасности | Количество<br>персонала, чел.<br>Режим работы | Установлен-<br>ная<br>мощность<br>оборудова-<br>ния, кВт·А | Требуемое значение воздуха |                                      |                              | Примечание             |
|                                                                         |                                                           |                                               |                                              |                                               |                                                            | Темпера-<br>тура, °С       | Относитель-<br>ная влаж-<br>ность, % | Скорость<br>движения,<br>м/с |                        |
| Операторная                                                             | 36 (6×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{3}$<br>смены                        | 2,8                                                        | 22–24                      | 40–60                                | 0,1                          | Воздушное<br>отопление |
| Старший оператор                                                        | 18 (3×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1}$<br>смена                        | 0,9                                                        | 22–24                      | 40–60                                | 0,1                          |                        |
| Системный инженер                                                       | 18 (3×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1}$<br>смена                        | 1,4                                                        | 22–24                      | 40–60                                | 0,1                          |                        |
| Программисты                                                            | 15 (2,5×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{1}$<br>смена                        | 1,4                                                        | 22–24                      | 40–60                                | 0,1                          |                        |
| Инженеры технического<br>обслуживания                                   | 21 (3,5×6)                                                | 3,2                                           | Д                                            | $\frac{1+1}{3}$<br>днем<br>смены              | 2,0                                                        | 22–24                      | 40–60                                | 0,1                          | Воздушное<br>отопление |
| Аппаратная                                                              | 36 (6×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{-}{3}$<br>смены                        | 4,0                                                        | 22–24<br>(19–30)           | 40–60                                | 0,1                          | Воздушное<br>отопление |

| Таблица АС.ВК. Перечень помещений и требования к водопроводу и канализации |                                                         |                                               |                                              |                                               |                                             | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ВК       |         |                  | Примечание |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|---------|------------------|------------|
| Наименование                                                               | Площадь<br>(ширина вдоль<br>окон×длину), м <sup>2</sup> | Высота<br>полная, м.<br>Высота*<br>в свету, м | Категория<br>пожаро-<br>взрыво-<br>опасности | Количество<br>персонала, чел.<br>Режим работы | Количество<br>мест под-<br>ключения,<br>шт. | Требуемое значение воздуха |         |                  |            |
|                                                                            |                                                         |                                               |                                              |                                               |                                             | Холодная                   | Горячая | Канали-<br>зация |            |
| Операторная                                                                | 36 (6×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{3 \text{ смены}}$                   | Нет                                         | —                          | —       | —                |            |
| Старший оператор                                                           | 18 (3×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1 \text{ смена}}$                   | Нет                                         | —                          | —       | —                |            |
| Системный инженер                                                          | 18 (3×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1 \text{ смена}}$                   | Нет                                         | —                          | —       | —                |            |
| Программисты                                                               | 15 (2,5×6)                                              | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{1 \text{ смена}}$                   | Нет                                         | —                          | —       | —                |            |
| Инженеры технического обслуживания                                         | 21 (3,5×6)                                              | 3,2                                           | Д                                            | $\frac{1+1 \text{ днем}}{3 \text{ смены}}$    | 1                                           | 30                         | 15      | 45               |            |
| Аппаратная                                                                 | 36 (6×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{-}{3 \text{ смены}}$                   | Нет                                         | —                          | —       | —                |            |

| Таблица АС.ЭО. Перечень помещений и требования к освещению |                                                           |                                               |                                              |                                               |                             |                                          |                     | XXXXXX-АТХ.Зд.АС.ЭО |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| Наименование                                               | Площадь<br>(ширина вдоль<br>окон × длину), м <sup>2</sup> | Высота<br>полная, м.<br>Высота*<br>в свету, м | Категория<br>пожаро-<br>взрыво-<br>опасности | Количество<br>персонала, чел.<br>Режим работы | Рабочая<br>поверх-<br>ность | Освещение, освещенность, лк,<br>не менее |                     |                     | Примечание |
|                                                            |                                                           |                                               |                                              |                                               |                             | Система<br>освещения                     | Рабочее             | Аварийное           |            |
| Операторная                                                | 36 (6×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{3}$ смены                           | Г—0,8<br>В—1,2              | Б—2<br>А—2                               | 200<br>на столе—400 | 10                  |            |
| Старший оператор                                           | 18 (3×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1}$ смена                           | Г—0,8<br>В—1,2              | Б—2<br>А—2                               | 200<br>на столе—400 | 5                   |            |
| Системный инженер                                          | 18 (3×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1}$ смена                           | Г—0,8<br>В—1,2              | Б—2<br>А—2                               | 200<br>на столе—400 | 0,5                 |            |
| Программисты                                               | 15 (2,5×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{1}$ смена                           | Г—0,8<br>В—1,2              | Б—2<br>А—2                               | 200<br>на столе—400 | 0,5                 |            |
| Инженеры технического<br>обслуживания                      | 21 (3,5×6)                                                | 3,2                                           | Д                                            | $\frac{1+1 \text{ днем}}{3}$ смены            | Г—0,8                       | А—2                                      | 400                 | 0,5                 |            |
| Аппаратная                                                 | 36 (6×6)                                                  | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{-}{3}$ смены                           | Г—0,8                       | Ша                                       | 300                 | 0,5                 |            |

| Таблица АС.ПС. Перечень помещений и требования к пожарной сигнализации и пожаротушению |                                                         |                                               |                                              |                                               |                                                              |                          | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ПС |                                     |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|
| Наименование                                                                           | Площадь<br>(ширина вдоль<br>окон×длину), м <sup>2</sup> | Высота<br>полная, м.<br>Высота*<br>в свету, м | Категория<br>пожаро-<br>взрыво-<br>опасности | Количество<br>персонала, чел.<br>Режим работы | Число проводов<br>или кабелей<br>за двойным<br>потолком, шт. | Необходимость применения |                      |                                     | Примечание |
|                                                                                        |                                                         |                                               |                                              |                                               |                                                              | АУПС                     | АУПТ                 | Огнетуша-<br>щее веще-<br>ство АУПТ |            |
| Операторная                                                                            | 36 (6×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{3 \text{ смены}}$                   | —                                                            | пульт                    | —                    | —                                   |            |
| Старший оператор                                                                       | 18 (3×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1 \text{ смена}}$                   | —                                                            | +                        | —                    | —                                   |            |
| Системный инженер                                                                      | 18 (3×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{1}{1 \text{ смена}}$                   | 3                                                            | +                        | —                    | —                                   |            |
| Программисты                                                                           | 15 (2,5×6)                                              | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{2}{1 \text{ смена}}$                   | 4                                                            | +                        | —                    | —                                   |            |
| Инженеры технического обслуживания                                                     | 21 (3,5×6)                                              | 3,2                                           | Д                                            | $\frac{1+1 \text{ днем}}{3 \text{ смены}}$    | 6                                                            | +                        | —                    | —                                   |            |
| Аппаратная                                                                             | 36 (6×6)                                                | 3,2                                           | В4                                           | $\frac{-}{3 \text{ смены}}$                   | 10                                                           | +                        | —                    | —                                   |            |

| Таблица ЭС. Перечень потребителей и требования к электротехнической части |                                       |                                   |                                     |                               |                                     |                             |                | XXXXXX-АТХ.Зд.АС.ЭС        |                               |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Потребитель                                                               |                                       | Категория пожаро-взрыво-опасности | Категория снабжения<br>Режим работы | Электрические данные          |                                     |                             |                | Окружающая температура, °С | Примечание                    |
| Наименование                                                              | Место установки                       |                                   |                                     | Установленная мощность, кВт·А | Категория снабжения<br>Режим работы | Тип токоведущих проводников | Тип заземления |                            |                               |
| Щит ПЛК № 1                                                               | Аппаратная                            | В4                                | I категория<br>непрерывно           | 2,0                           | $\frac{220}{50}$                    | 3 провода<br>TN-C-S         | R<4Ом          | 5-40                       |                               |
| Щит ПЛК № 2                                                               | Аппаратная                            | В4                                | I категория<br>непрерывно           | 1,28                          | $\frac{220}{50}$                    | 3 провода<br>TN-C-S         | R<4Ом          | 5-40                       |                               |
| Щит релейный                                                              | Аппаратная                            | В4                                | I категория<br>непрерывно           | 0,75                          | $\frac{220}{50}$                    | 3 провода<br>TN-C-S         | R<4Ом          | 5-40                       |                               |
| Сигнализатор загазованности                                               | По месту<br>отм. +1,6<br>оси 1-2, Д-Е | Д                                 | II категория<br>непрерывно          | 0,15                          | $\frac{220}{50}$                    | 3 провода<br>TN-C-S         | R<4Ом          | 5-25                       | Место установки XXXX АТХ.Зд.7 |

| Таблица ВС. Перечень потребителей сжатого воздуха и требования к энергоносителю |                                    |                         |                        |                       |               |                          |                     | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ВС       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|------------|
| Потребитель                                                                     |                                    | Пожаро-взрыво-опасность | Материал трубопровода  | Энергоноситель        |               |                          |                     | Окружающая температура, °С | Примечание |
| Наименование                                                                    | Место установки                    |                         |                        | Класс загрязненности  | Давление, кПа | Расход мгновенный, л/мин | Расход общий, л/мин |                            |            |
| Сигнализатор загазованности                                                     | По месту отм. +1,6<br>оси 1-2, Д-Е | взрыво-опасно, В-II     | трубка Ф-4Д<br>4,0×1,0 | класс 5<br>ГОСТ 17433 | 0,25-0,6 МПа  | 0,9                      | 1,0<br>(48 л/час)   | 5-25                       |            |

| Таблица ХС. Перечень потребителей теплоносителя и хладагента и требования к энергоносителю |                                    |                         |              |                  |               |                          |                     | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.ХС       |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|------------|
| Потребитель                                                                                |                                    | Пожаро-взрыво-опасность | Режим работы | Энергоноситель   |               |                          |                     | Окружающая температура, °С | Примечание |
| Наименование                                                                               | Место установки                    |                         |              | Вид              | Давление, кПа | Расход мгновенный, л/мин | Расход общий, л/мин |                            |            |
| Сигнализатор загазованности                                                                | По месту отм. +1,6<br>оси 1-2, Д-Е | взрыво-опасно, В-II     | непрерывно   | вода охлаждающая | >2            | 3,5                      | 5,0                 | 0-+40                      |            |

| Таблица СС2. Перечень сетей и передатчиков данных |                        |                    |             |                          |                           |                        |                          | XXXXXX-АТХ.Зд.АС.СС2       |                       |
|---------------------------------------------------|------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Вид сети передачи данных                          | Начало сети            | Конец сети         | Вид канала  | Электрические данные     |                           |                        |                          | Окружающая температура, °С | Примечание            |
|                                                   |                        |                    |             | Сопротивление шлейфа, Ом | Скорость передачи, Мбит/с | Ширина пропускания, Гц | Затухание допустимое, дБ |                            |                       |
| АСУТП                                             | Аппаратная щит ПЛК № 1 |                    | ВП, 300 м   | 19                       | 31,25 кБод                |                        |                          | 0-40                       | 100 Ом при f=31,25 Гц |
| АСУТП                                             | Аппаратная щит ПЛК № 2 |                    | ВОК, 1100 м | —                        | 19,2 кБод                 |                        | 2,9                      | -40-+40                    | Modbus+               |
| Пожарная сигнализация                             | Щитовая № 5            | Операторная, пульт | ВП, 300 м   | 19                       | =24В, н. о.               | —                      | —                        | -40-+40                    | —                     |

| Таблица АС.КЖ. Перечень опорных конструкций, проходов и закладных частей в помещении АСУТП |                                                       |                         |                       |                                    |                                      |                          |                   | XXXXXXX-АТХ.Зд.АС.КЖ       |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|------------|
| Наименование помещения/место установки                                                     | Щит или пульт                                         |                         |                       | Проход через стену, перекрытие     |                                      |                          | Проводка          |                            | Примечание |
|                                                                                            | Масса, кг<br>Ширина × глубина, м                      | Вид опорной конструкции | Вид провода, проводок | Количество, шт.<br>вид             | Ширина × глубина (высота), м         | Вид уплотнения           | Способ монтажа    | Закладная часть, № чертежа |            |
| Операторная                                                                                | $\frac{100}{4,5 \times 12} + \frac{50}{3 \times 1,5}$ | Рама                    | Короб                 | 3, вид А                           | 0,1 × 0,05                           | Сальниковое              | Кабель вдоль стен | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |
| Старший оператор                                                                           | $\frac{50}{2 \times 1,5}$                             | Рама                    | Короб                 | 1, вид А                           | 0,1 × 0,05                           | Сальниковое              | Кабель вдоль стен | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |
| Системный инженер                                                                          | Стол РС – 1<br>Шкаф – 2                               | —                       | Короб                 | 1, вид А                           | 0,1 × 0,05                           | Сальниковое              | Кабель вдоль стен | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |
| Программисты                                                                               | Стол РС – 2<br>Шкаф – 4                               | Рама                    | Короб                 | 2, вид А                           | 0,1 × 0,05                           | Сальниковое              | Кабель вдоль стен | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |
| Инженеры технического обслуживания                                                         | Стол РС – 2<br>Стол – 3<br>Шкаф – 5                   | —                       | Короб                 | 2, вид А                           | 0,1 × 0,05                           | Сальниковое              | Кабель вдоль стен | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |
| Аппаратная                                                                                 | $\frac{350}{4(0,8 \times 0,6 \times 2,2)}$            | Рама                    | Канал кабельный       | 2, вид А,<br>2, вид В,<br>1, вид Д | 0,1 × 0,05<br>0,5 × 0,2<br>0,5 × 0,4 | Закладная часть, сальник | Кабельный канал   | XXXXXX-АТХ.Зд              |            |

| Таблица СС1. Перечень средств связи и сигнализации |                         |                                     |       |               |               |                 |           |     | XXXXXX-АТХ.Зд.СС |               |            |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|---------------|---------------|-----------------|-----------|-----|------------------|---------------|------------|
| Помещение/место установки                          |                         | Щит или пулы                        |       |               |               |                 |           |     |                  |               |            |
| Наименование                                       | Площадь, м <sup>2</sup> | Административно-хозяйственная часть |       | Диспетчер ИБР | Диспетчер TOP | Энергодиспетчер | Ж/д связь | ПГС | Электро-часы     | Радио-фикация | Примечание |
|                                                    |                         | местный                             | город |               |               |                 |           |     |                  |               |            |
| Операторная                                        | 36 (6×6)                | 1                                   | 1     | 1             | 1             | 1               | 1         | 1   | 1                | 1             |            |
| Старший оператор                                   | 18 (3×6)                | 1                                   | 1     | 1             | 1             | 1               |           |     | 1                | 1             |            |
| Системный инженер                                  | 18 (3×6)                | 1                                   | 1     | 1             |               |                 |           |     |                  | 1             |            |
| Программисты                                       | 15 (2,5×6)              | 1                                   | 1     | 1             |               |                 |           |     |                  | 1             |            |
| Инженеры технического обслуживания                 | 21 (3,5×6)              | 1                                   | 1     |               |               |                 |           |     | 1                | 1             |            |
| Аппаратная                                         | 36 (6×6)                | 1                                   |       |               |               |                 |           |     |                  | 1             |            |

| Таблица ТХ. Перечень закладных конструкций и первичных приборов |                                         |                      |                                  |                  |                                    |                  | XXXXXX-АТХ.Зд.ТХ |  |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|--|
| Место установки                                                 | Измеряемый, регулируемый параметр среды | № поз. по СО         | Прибор или регулирующий орган    |                  | Закладная конструкция              |                  | Примечание       |  |
| № чертежа технологического оборудования, трубопровода           |                                         | Колич. шт.           | Наименование, тип                | Чертеж установки | Наименование, тип                  | Чертеж установки |                  |  |
| Теплообменник 211, 212<br>XXXXXX-ТХ.32                          | Температура мазута                      | TIR211-2<br>TIR212-2 | Термометр, манометр показывающий | XXXXXX-АТХ.Зд.7  | Установка термометра               | XXXXXX-АТХ.Зд.2а |                  |  |
| Теплообменник 211, 212<br>XXXXXX-ТХ.32                          | Давление мазута                         | PIRA 211<br>PIRA 212 | Преобразователь давления         | XXXXXX-АТХ.Зд.15 | Установка преобразователя давления | XXXXXX-АТХ.Зд.44 |                  |  |

| Таблица КЖ1. Перечень опорных конструкций, проходов и закладных частей на объекте управления |                                  |                         |                      |                                |                              |                | XXXXXXX-АТХ.Зд.КЖ1 |                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------|
| Место установки                                                                              | Щит или пульт                    |                         |                      | Проход через стену, перекрытие |                              |                | Проводка           |                            | Примечание |
|                                                                                              | Масса, кг<br>Ширина × глубина, м | Вид опорной конструкции | Вид подвода проводок | Количество, шт.<br>вид         | Ширина × глубина (высота), м | Вид уплотнения | Способ монтажа     | Закладная часть, № чертежа |            |
| Стена между помещениями 7 и 10                                                               | —                                | —                       | —                    | 1                              | 0,1 × 0,1                    | Сальниковое    | Короб              | XXXXXXX-АТХ.Зд.15          |            |
| Перекрытие на отметке 3,2 оси В-В, 3-3                                                       | —                                | —                       | —                    | 1                              | 0,2 × 0,3                    | Сальниковое    | Вертикальная       | XXXXXXX-АТХ.Зд.16          |            |

| Таблица КЖ2. Перечень опорных конструкций, проходов и закладных частей на объекте управления |                                  |           |              |                                                    |                              |                | XXXXXXX-АТХ.Зд.КЖ2 |                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------|
| Место установки                                                                              | Площадка обслуживания/эстакада   |           |              | Проход кабельной эстакады через стенку, перекрытие |                              |                | Проводка           |                            | Примечание |
|                                                                                              | Масса, кг<br>Ширина × глубина, м | Высота, м | Вид лестницы | Количество, шт.<br>вид                             | Ширина × глубина (высота), м | Вид уплотнения | Способ монтажа     | Закладная часть, № чертежа |            |
| Оси С-С, 6-6                                                                                 | 500<br>2,5 × 2,0                 | 2,7       | Вертикальная | —                                                  | —                            | —              | —                  | —                          | —          |

Таблица 20.Т11

## Предусмотренное число душевых, умывальников и специальных устройств

| Группа производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов                                                                        | Расчетное число человек |              | Тип гардеробных, число отделений шкафа на 1 чел. | Специальные бытовые помещения и устройства |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                   |                                                                                                                             | на одну душевую сетку   | на один кран |                                                  |                                            |
| 1                                 | Процессы, вызывающие загрязнение 3-го и 4-го классов опасности:                                                             |                         |              |                                                  |                                            |
| 1а                                | только рук                                                                                                                  | 25                      | 7            | Общие, одно отделение                            | —                                          |
| 1б                                | тела и спецодежды                                                                                                           | 15                      | 10           | Общие, два отделения                             | —                                          |
| 1в                                | тела и спецодежды, удаляемое с применением специальных моющих средств                                                       | 5                       | 20           | Раздельные, по одному отделению                  | Химчистка или стирка спецодежды            |
| 2                                 | Процессы, протекающие при избытках явного тепла или неблагоприятных метеорологических условиях:                             |                         |              |                                                  |                                            |
| 2а                                | при избытках явного конвекционного тепла                                                                                    | 7                       | 20           | Общие, два отделения                             | Помещения для охлаждения                   |
| 2б                                | при избытках явного лучистого тепла                                                                                         | 3                       | 20           | То же                                            | То же                                      |
| 2в                                | связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды                                                             | 5                       | 20           | Раздельные, по одному отделению                  | Сушка спецодежды                           |
| 2г                                | при температуре воздуха до 10 °С, включая работы на открытом воздухе                                                        | 5                       | 20           | Раздельные, по одному отделению                  | Помещения для обогрева и сушка спецодежды  |
| 3                                 | Процессы, вызывающие загрязнение веществами 1-го и 2-го классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом: |                         |              |                                                  |                                            |

Окончание табл. 20.Т11

| Группы производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов                                                | Расчетное число человек                                            |              | Тип гардеробных, число отделений шкафа на 1 чел. | Специальные бытовые помещения и устройства                                |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                                                                                     | на одну душевую сетку                                              | на один кран |                                                  |                                                                           |
| 3а                                | только рук                                                                                          | 7                                                                  | 10           | Общие, одно отделение                            |                                                                           |
| 3б                                | тела и спецодежды                                                                                   | 3                                                                  | 10           | Раздельные, по одному отделению                  | Химчистка, искусственная вентиляция мест хранения спецодежды; дезодорация |
| 4                                 | Процессы, требующие особых условий к соблюдению чистоты или стерильности при изготовлении продукции | В соответствии с требованиями ведомственных нормативных документов |              |                                                  |                                                                           |

*Примечания:*

1. При сочетании признаков различных групп производственных процессов тип гардеробных, число душевых сеток и кранов умывальных следует предусматривать по группе с наиболее высокими требованиями, а специальные бытовые помещения и устройства — по суммарным требованиям.

2. При процессах группы 1а душевые и шкафы, при процессах групп 1б и 3а скамьи у шкафов допускается не предусматривать.

3. При любых процессах, связанных с выделением пыли и вредных веществ, в гардеробных должны быть предусмотрены респираторные (на списочную численность), а также помещения и устройства для обеспыливания или обезвреживания спецодежды (на численность в смену).

4. В мобильных зданиях из блок-контейнеров допускается уменьшать расчетное число душевых сеток до 60 %.

5. При работах с инфицирующими и радиоактивными материалами, а также с веществами, опасными для человека при поступлении через кожу, санитарно-бытовые помещения следует проектировать в соответствии с ведомственными нормативными документами.

6. В соответствии с ведомственными нормативными документами допускается открытое хранение одежды, в том числе на вешалках.

7. Вредные вещества следует принимать по ГОСТ 12.0.003-74 (смотри раздел 7.2.4. пособия), классы опасности веществ — по ГОСТ 12.1.005-76 (так изложено в СНиП 2.09.04-87\*).

8\*. Расчетное число инвалидов с нарушением работы опорно-двигательного аппарата и слепых на одну душевую сетку — 3, на один кран — 7 независимо от санитарной характеристики производственных процессов.

9. Таблица соответствует таблице 6\* СНиП 2.09.04-87\*.

Таблица 20.Т12

## Нормы площади помещения на 1 чел., единицу оборудования

| Наименование                                                                                                       | Показатель |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Площадь помещения на 1 чел., м<sup>2</sup></b>                                                                  |            |
| Гардеробные уличной одежды, раздаточные спецодежды*, помещения для обогрева или охлаждения                         | 0,1        |
| Кладовые для хранения спецодежды**:                                                                                |            |
| при обычном составе спецодежды                                                                                     | 0,04       |
| при расширенном составе спецодежды                                                                                 | 0,06       |
| при громоздкой спецодежде                                                                                          | 0,08       |
| Респираторные                                                                                                      | 0,07       |
| Помещения централизованного склада спецодежды и средств индивидуальной защиты:                                     |            |
| для хранения                                                                                                       | 0,06       |
| для выдачи, включая кабины примерки и подгонки                                                                     | 0,02       |
| Помещения дежурного персонала с местом для уборочного инвентаря, курительные при уборных или помещениях для отдыха | 0,02       |
| Места для чистки обуви, бритья, сушки волос                                                                        | 0,01       |
| Помещения для сушки, обеспыливания или обезвреживания спецодежды                                                   | 0,15       |
| Помещения для мытья спецодежды, включая каски и спецобувь**                                                        | 0,3        |
| <b>Площадь помещения на единицу оборудования, м<sup>2</sup></b>                                                    |            |
| Преддушевые при кабинах душевых открытых и со сквозным проходом                                                    | 0,7        |
| Тамбуры при уборных с кабинами                                                                                     | 0,4        |
| <b>Число обслуживаемых в смену на единицу оборудования, чел.</b>                                                   |            |
| Напольные чаши (унитазы) и писсуары уборных:                                                                       |            |
| в производственных зданиях                                                                                         | 18/12      |
| в административных зданиях                                                                                         | 45/30      |
| при залах собраний, совещаний, гардеробных, столовых                                                               | 100/60     |
| Умывальники и электрополотенца в тамбурах уборных:                                                                 |            |
| в производственных зданиях                                                                                         | 72/48      |
| в административных зданиях                                                                                         | 40/27      |
| Устройства питьевого водоснабжения в зависимости от групп производственных процессов:                              |            |
| 2а, 2б                                                                                                             | 100        |
| 1а, 1б, 1в, 2в, 2г, 3а, 3б, 4                                                                                      | 200        |
| Полудуши                                                                                                           | 15         |

*Примечание.*

Таблица соответствует таблице 7\* СНиП 2.09.04-87\*.

\* Предусматривать отдельные помещения для чистой и загрязненной спецодежды.

\*\* Для групп производственных процессов 1в, 2в, 2г, 3б.

Таблица 20.Т13

**Перечень приборов, аппаратов, материалов и монтажных работ  
с разделением их учета в рабочей документации**

| № п/п |                                                                                                                      | Наименование приборов, материалов и монтажных работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Рабочая документация автоматизации |        | Технологическая рабочая документация |        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|
|       |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Спецификация оборудования          | Смета  | Спецификация оборудования            | Смета  |
| 1     | Первичные приборы                                                                                                    | Преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления; биметаллические, дилатметрические датчики температуры, термобаллоны манометрических термометров; электроды электрических, емкостных, ультразвуковых и т. д. уровнемеров; газозаборные устройства газоанализаторов, погружные датчики концентратомеров, отборные устройства давления (по номенклатуре ГМА) и т. п.<br>Монтаж на установленных закладных устройствах | +<br>-                             | +<br>+ | -<br>-                               | -<br>- |
| 2     | Закладные устройства для монтажа первичных приборов                                                                  | Бобышки, расширители, закладные оправы, штуцера для отборных устройств, защитные карманы и гильзы, патрубки с ответными фланцами и т. п.<br>Монтаж закладных устройств                                                                                                                                                                                                                                                                     | -<br>-                             | -<br>- | +<br>-                               | +<br>+ |
| 3     | Индивидуальные приборы-расходомеры                                                                                   | Объемные и скоростные счетчики, ротаметры без дистанционной передачи показаний и т. п.<br>Монтаж приборов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | -<br>-                             | -<br>- | +<br>-                               | +<br>+ |
| 4     | Датчики комплектов расходомеров и анализаторов жидкости и т. п. приборы, встраиваемые в технологические трубопроводы | Сужающие устройства расходомеров (диафрагмы, сопла, трубы вентури и т. д.), ротаметры с электро- и пневмопередачей, датчики электромагнитных (индукционных) и щелевых расходомеров, поточные датчики концентратомеров и плотномеров и т. п.<br>Монтаж датчиков                                                                                                                                                                             | +<br>-                             | +<br>- | -<br>-                               | -<br>+ |

Продолжение табл. 20.Т13

| № п.п. | Имя оборудования, наименование и монтажных работ                                                                                                                                                | Графическая документация автоматизации                                                                                                                                                   |       | Техническая рабочая документация |       |   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------|-------|---|
|        |                                                                                                                                                                                                 | Сметная стоимость                                                                                                                                                                        | Сметы | Сметная стоимость                | Сметы |   |
| 5      | Регулирующие органы                                                                                                                                                                             | Клапаны с электрическими и гидравлическими исполнительными механизмами, клапаны с рычажными приводами, регуляторы прямого действия, регулирующие заслонки<br>Монтаж регулирующих органов | -     | -                                | +     | + |
| 6      | Исполнительные механизмы, соединенные с клапанами с рычажными приводами и заслонками                                                                                                            | Электрические исполнительные механизмы, мембранные и поршневые пневмоприводы, гидравлические сервомоторы и т. п.                                                                         | -     | -                                | +     | + |
|        |                                                                                                                                                                                                 | Монтаж исполнительных механизмов                                                                                                                                                         | -     | -                                | -     | + |
|        |                                                                                                                                                                                                 | Материалы, необходимые для монтажа исполнительных механизмов и их соединения с регулирующими органами                                                                                    | -     | -                                | +     | + |
| 7      | Вспомогательные приборы и устройства для установки на исполнительных механизмах регулирующих клапанов                                                                                           | Позиционеры, манометры, реостаты и т. д.<br>Монтаж вспомогательных приборов и устройств                                                                                                  | +     | +                                | -     | - |
| 8      | Запорные органы с дистанционными приводами                                                                                                                                                      | Задвижки и вентили с электро-, пневмо- и гидроприводами, клапаны безопасности                                                                                                            | -     | -                                | +     | + |
|        |                                                                                                                                                                                                 | Монтаж запорных органов                                                                                                                                                                  | -     | -                                | -     | + |
| 9      | Монтажные материалы, необходимые для приборов и средств автоматизации, перечисленных в пп. 6, 7, 8, 11 (фланцы, прокладки, конусные переходы при изменении диаметров, крепежные стойки и т. п.) |                                                                                                                                                                                          | -     | -                                | +     | + |

Окончание табл. 20.Т13

| № п/п |                                                      | Наименование приборов, материалов и монтажных работ                                                                                                                                                                                                                | Рабочая документация автоматизации |       | Техническая документация  |       |
|-------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------|---------------------------|-------|
|       |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Спецификация оборудования          | Сметы | Спецификация оборудования | Сметы |
| 10    | Обводные линии (байпасы) для приборов по пп. 6, 7, 8 | Запорная арматура и оборудование (фильтры и т. п.)                                                                                                                                                                                                                 | -                                  | -     | +                         | +     |
|       |                                                      | Монтаж обводных линий                                                                                                                                                                                                                                              | -                                  | -     | -                         | +     |
|       |                                                      | Материалы для обводных линий                                                                                                                                                                                                                                       | -                                  | -     | +                         | +     |
| 11    | Поплавковые и буйковые уровнемеры                    | Сигнализаторы уровня поплавковые, измерители уровня поплавковые и буйковые                                                                                                                                                                                         | +                                  | +     | -                         | -     |
|       |                                                      | Монтаж уровнемеров                                                                                                                                                                                                                                                 | -                                  | -     | -                         | +     |
|       |                                                      | Монтаж направляющих и защитных устройств для поплавков и буйков в емкостях, отводных устройствах (камер, расширителей и т. п.)<br>Материалы и трубопроводная арматура, необходимые для монтажа приборов и изготовления направляющих, защитных и отводных устройств | -                                  | -     | -                         | +     |
|       |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                    | -                                  | -     | +                         | +     |

*Примечание.*

Данный перечень соответствует Приложению к техническому циркуляру «Главмонтаж-автоматики» Минмонтажспецстроя СССР № 28-6-1/И19 от 5 июля 1988 г.

## Указатель нормативно-технической документации

| № документа    | Книг 1             | Книг 2                                                                                                                                        |
|----------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | № главы, подпункта | № главы, подпункта                                                                                                                            |
| ВСН 10-72      | 8.10, 8.Т22        |                                                                                                                                               |
| ВСН 62-91*     | 5.Сх2              |                                                                                                                                               |
| ВСН 205-84     |                    | 13.6.3, 13.6.3.3, 13.6.4, 13.6.4.5,<br>13.Сх22, 13.Сх23, 13.Т10, 14.5.4, 16.3,<br>16.4.1, 16.4.2, 16.Т3, 16.Т4, 16.Т6,<br>16.Т7, 20.2, 20.4.2 |
| ГОСТ 2.104-68  |                    | 11.2.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.124-85* |                    | 18.3.5, 18.Сх1                                                                                                                                |
| ГОСТ 2.285-94  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.301-68* |                    | 11.2.1                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.302-68* |                    | 16.2                                                                                                                                          |
| ГОСТ 2.501-88  |                    | 11.2.2                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.701-84  |                    | 11.1.1, 11.2.4, 12.1, 12.3, 12.7.1, 12.Т2,<br>13.3, 14.1, 14.2.1, 14.4, 16.1                                                                  |
| ГОСТ 2.702-75  |                    | 12.4, 13.Т1, 14.4.1, 16.8                                                                                                                     |
| ГОСТ 2.709-89  |                    | 13.4.2, 13.4.7, 13.Т1                                                                                                                         |
| ГОСТ 2.710-81* |                    | 12.4.4.2, 13.4.2, 13.4.7, 13.Т1                                                                                                               |
| ГОСТ 2.721-74* |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.722-68* |                    | 12.4.4.2, 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.723-68* |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.727-68* |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.728-74* |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.729-68* |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.730-73  |                    | 13.Т2                                                                                                                                         |
| ГОСТ 2.732-68* |                    | 12.4.4.2, 13.Т2                                                                                                                               |
| ГОСТ 2.741-68* |                    | 12.4.4.2, 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.747-68* |                    | 13.4.1, 13.Т1                                                                                                                                 |
| ГОСТ 2.755-87  |                    | 13.Т1, 13.Т2                                                                                                                                  |
| ГОСТ 2.780-96  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.782-96  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.784-70  |                    | 14.3                                                                                                                                          |
| ГОСТ 2.785-70  |                    | 14.3                                                                                                                                          |
| ГОСТ 2.788-74  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.789-74  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.790-74  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.791-74  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.792-74  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |
| ГОСТ 2.793-79  |                    | 12.4.4                                                                                                                                        |

| № документа        | Книга 1                                                     | Книга 2                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | № главы, подпункта                                          | № главы, подпункта                                                                          |
| ГОСТ 2.794-79      |                                                             | 12.4.4                                                                                      |
| ГОСТ 2.795-80      |                                                             | 12.4.4                                                                                      |
| ГОСТ 4.148-85      | 5.6                                                         |                                                                                             |
| ГОСТ 7.32-91       | 5.Сх1                                                       |                                                                                             |
| ГОСТ 8.009-84      |                                                             | 18.Сх5.1                                                                                    |
| ГОСТ 8.417-2002    | 10.3                                                        | 12.4.4.2                                                                                    |
| ГОСТ 8.563.1-97    |                                                             | 18.17А1.1, 18.17А1.2, 18.17А1.3,<br>18.17А1.4, 18.17А1.5, 18.17А1.6,<br>18.17А1.8, 18.17.Т3 |
| ГОСТ 8.586.1-2005  |                                                             | 18.17А1.1, 18.17А1.2, 18.17А1.3                                                             |
| ГОСТ 8.586.2-2005  |                                                             | 18.17А1.3, 18.17А1.4                                                                        |
| ГОСТ 8.586.3-2005  |                                                             | 18.17А1.3                                                                                   |
| ГОСТ 8.586.4-2005  |                                                             | 18.17А1.3                                                                                   |
| ГОСТ 8.586.5-2005  |                                                             | 15.10, 15.Т4                                                                                |
| ГОСТ 8.595-2002    |                                                             | 18.18.3                                                                                     |
| ГОСТ 12.0.002-80   |                                                             | 18.4                                                                                        |
| ГОСТ 12.0.003-74   | 5.4, 7.2.4, 7.Сх1                                           | 20.Т11                                                                                      |
| ГОСТ 12.1.001-89   | 7.5, 7.Т16                                                  |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.003-83   | 7.5                                                         |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.004-91   | 7.2.5, 7.3.5, 7.Т6                                          |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.005-88   | 5.4, 7.2.7, 7.3.3, 7.3.6, 7.5,<br>7.Т4, 7.Т14, 7.Т19, 7.Т20 | 18.Сх1, 20.4.2, 20.Т11                                                                      |
| ГОСТ 12.1.006-84   | 7.5, 7.Т17                                                  |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.007-76   | 7.2.3, 7.Т2, 7.Т12                                          |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.010-76*  | 7.3.5, 8.2.6, 8.3, 8.Сх1                                    |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.011-78   | 8.2.2, 8.2.3, 8.Т3                                          | 18.15                                                                                       |
| ГОСТ 12.1.012-90   | 5.4                                                         |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.018-93   | 7.3.2                                                       |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.019-79   | 7.3.2                                                       |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.030-81   | 5.4, 5.12.4                                                 |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.040-83   | 7.5                                                         |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.044-89   | 7.2.1, 7.2.2, 7.3.4, 7.Т1                                   |                                                                                             |
| ГОСТ 12.1.045-84   | 5.4, 7.5, 7.Т17                                             |                                                                                             |
| ГОСТ 12.2.003-91   | 7.3.2                                                       |                                                                                             |
| ГОСТ 12.2.007.0-75 | 5.4, 5.12.4, 7.3.2, 9.17,<br>9.19, 9.Т3                     | 17.Т5, 18.Сх1                                                                               |
| ГОСТ 12.2.020-76   | 8.5.1, 8.6.1, 8.6.2, 8.9.6,<br>8.Т11, 8.Т13                 |                                                                                             |

| № документа           | Книга 1                                      | Книга 2                                                                                                                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | № главы, подпункта                           | № главы, подпункта                                                                                                                                |
| ГОСТ 12.2.049-80      | 5.12.4                                       |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 12.2.063-81      | 7.3.2                                        |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 12.4.084-80      | 7.5                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 12.4.088-80      | 7.5                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 15.001-88 (1997) | 1.8                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 15.101-98        | 1.8                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.101-77        | 3.Т1, 3.Т2, 5.11, 5.12.5,<br>5.Т4, 5.Т5, 6.1 | 12.2.1                                                                                                                                            |
| ГОСТ 19.102-77        | 1.1, 3.Т1                                    |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.105-78        | 3.Т1                                         |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.201-78        | 3.Т1, 5.Т5, 6.Т3                             |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.202-78        | 5.Т5, 6.Т3                                   |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.301-79        | 3.Т1, 5.Т4, 6.Т3                             |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.401-78        | 5.Т5, 6.Т3                                   |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.402-78        | 5.Т5, 6.Т3                                   |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.403-79        | 5.Т4, 6.Т3                                   |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.404-79        | 5.11, 5.Т4, 6.Т3                             | 12.2.1                                                                                                                                            |
| ГОСТ 19.501-78        | 5.11, 5.Т4, 5.Т5, 6.Т3                       |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.502-78        | 5.12.5, 5.Т5, 6.Т3                           |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.503-79        | 5.12.5, 5.Т5, 6.Т3                           |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.504-79        | 5.12.5, 5.Т5, 6.Т3                           |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.505-79        | 5.11, 5.Т4, 5.Т5, 6.Т3                       | 12.2.1                                                                                                                                            |
| ГОСТ 19.507-79        | 3.Т1, 5.5, 6.Т3                              |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 19.508-79        | 5.11, 5.Т4                                   |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 21.002-81        | 6.4                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 21.101-97        | 1.2.4, 5.Сх1, 6.1                            | 17.5.3, 19.7, 20.2, 20.3                                                                                                                          |
| ГОСТ 21.109-80        | 5.Т4                                         |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 21.110-95        | 5.Т4                                         | 18.9, 19.7                                                                                                                                        |
| ГОСТ 21.203-78        | 6.4                                          |                                                                                                                                                   |
| ГОСТ 21.401-88        |                                              | 12.4, 12.4.1, 15.13, 18.10, 18.15, 20.6,<br>20.7, 20.8, 20.Пр1                                                                                    |
| ГОСТ 21.404-85        |                                              | 11.2.6, 12.4, 12.4.1, 12.4.2, 12.4.3,<br>12.4.4.1, 12.7.1, 12.Т1, 12.Т2, 12.Т4,<br>12.Т6, 14.2, 14.2.1, 15.13, 18.11, 18.Т12,<br>20.6, 20.7, 20.8 |

| № документа       | Книга 1                                                                   | Книга 2                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | № главы, подглава                                                         | № главы, подпункты                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ГОСТ 21.408-93    | 1.1, 5.11, 5.Т4, 6.1, 6.4                                                 | 11.1.1, 12.3, 12.4, 12.4.1, 12.4.2, 12.4.3, 12.4.4, 12.4.4.1, 12.4.4.2, 12.7.1, 12.Р1, 12.Сх2, 12.Сх3, 12.Сх36, 12.Сх3г, 12.Сх4, 12.Т1, 13.3, 14.1, 14.2.1, 14.2.2, 14.3.4, 14.4, 14.Т1, 16.1, 16.2, 16.8, 16.Т8, 17.5, 17.5.3, 17.6.1, 17.6.3, 17.Сх2, 19.2.1, 19.7, 20.11, 20.Пр1 |
| ГОСТ 21.501-93    | 7.3.6                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 21.608-84    |                                                                           | 13.6.5, 20.5.3                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ГОСТ 21.613-88    |                                                                           | 13.6.5                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ГОСТ 21.614-88    |                                                                           | 16.2, 16.Т8                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ГОСТ 24.103-84    | 2.7                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.104-85    | 1.2.3, 3.Т1, 5.12                                                         | 12.1                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ГОСТ 24.112-80    | 5.Т5                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.202-80    | 3.Т1, 5.13                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.203-80    | 5.Т4                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.206-80    | 3.Т1                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.207-80    | 3.Т1                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.208-80    | 3.Т1                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.210-82    |                                                                           | 12.3                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ГОСТ 24.302-80    |                                                                           | 11.1.1, 12.1, 12.3, 12.4, 12.5, 14.1, 14.4, 19.2.1                                                                                                                                                                                                                                  |
| ГОСТ 24.303-80    |                                                                           | 11.2.6, 12.4.2, 12.5, 12.7.1, 12.Т3                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ГОСТ 24.701-86    | 1.6.1, 1.6.2, 5.6                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 24.703-85    | 3.2                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 26.011-80    | 5.9                                                                       | 13.5.2, 18.14, 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ГОСТ 26.012-80    | 5.9                                                                       | 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 26.013-81    | 5.9                                                                       | 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 26.014-81    |                                                                           | 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 26.015-81    | 5.9                                                                       | 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 27.003-90    | 5.6                                                                       | 18.Сх5.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ГОСТ 29.05.002-82 | 5.12.4                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 33-82        | 10.7                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 34.003-90    | 1.5.1, 2.2, 2.5                                                           | 18.10, 18.Сх5.1, 20.10                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ГОСТ 34.201-89    | 1.1, 1.2.3, 3.3, 3.Т1, 3.Т2, 5.9, 5.11, 5.Т4, 5.Т5, 6.1, 6.3.1, 6.4, 6.Т1 | 11.1.1, 12.2.1, 12.3, 13.3, 16.1                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ГОСТ 34.320-96    | 3.Т1                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ГОСТ 34.601-90    | 1.1, 3.Т1                                                                 | 12.2.1                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ГОСТ 34.602-89    | 3.Т2, 5.13, 5.Сх1, 6.1, 1.7, 3.2, 3.Т1, 5.13, 5.Сх1                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| № документа     | Книга 1                     | Книга 2                                                                                                      |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | № главы, подглавы           | № главы, подглавы                                                                                            |
| ГОСТ 34.603-92  | 3.Пр1, 3.Т1                 |                                                                                                              |
| ГОСТ 3262-75*   |                             | 15.2, 15.Т3, 16.Т9, 18.17Б6                                                                                  |
| ГОСТ 6323-79    |                             | 14.5.11, 14.Т18                                                                                              |
| ГОСТ 6616-94    |                             | 13.5.2, 18.15.Т7                                                                                             |
| ГОСТ 6651-94    | 5.Т3                        | 13.5.2, 18.14, 18.15, 18.15.Т1, 18.15.Т2, 18.15.Т7                                                           |
| ГОСТ 8734-75    |                             | 15.Т3                                                                                                        |
| ГОСТ 8968-75    |                             | 16.Т12                                                                                                       |
| ГОСТ 10704-91   |                             | 16.Т10                                                                                                       |
| ГОСТ 10705-80   |                             | 16.Т10                                                                                                       |
| ГОСТ 12821-80   |                             | 18.17А1.6                                                                                                    |
| ГОСТ 12997-84   | 5.8                         | 18.2, 18.3.1, 18.3.2, 18.10, 18.15, 18.Сх1, 18.Сх5.1, 18.Т3.2, 18.Т5.1, 18.Т6, 20.5.2                        |
| ГОСТ 13033-84   |                             | 18.Сх5.1, 20.5.2                                                                                             |
| ГОСТ 13053-76   |                             | 18.Сх5.1, 20.5.2                                                                                             |
| ГОСТ 13109-67*  |                             | 13.6.2                                                                                                       |
| ГОСТ 13317-89   |                             | 14.5.14                                                                                                      |
| ГОСТ 14012-76*  |                             | 18.17Б6                                                                                                      |
| ГОСТ 14202-69   |                             | 12.4.4                                                                                                       |
| ГОСТ 14167-83   |                             | 18.17Б6                                                                                                      |
| ГОСТ 14254-96   | 8.7, 8.9.6, 9.3, 9.11, 9.21 | 18.2, 18.4, 18.7, 18.8, 18.15, 18.Сх1, 18.Сх5.1, 18.16.Сх1, 18.Т8.1, 18.Т8.3                                 |
| ГОСТ 14691-69   | 1.5.5                       | 18.12, 18.23                                                                                                 |
| ГОСТ 15150-69   | 5.8, 8.7, 9.3               | 18.2, 18.3.1, 18.3.3, 18.3.5, 18.15, 18.Сх1, 18.16.Сх1, 18.Т1, 18.Т2, 18.Т3.2, 18.Т4, 18.Т5.3, 18.Т7, 20.5.2 |
| ГОСТ 15528-86   |                             | 18.17.1                                                                                                      |
| ГОСТ 15543.1-89 |                             | 20.5.2                                                                                                       |
| ГОСТ 15845-80   |                             | 14.5.4                                                                                                       |
| ГОСТ 17216-71   |                             | 18.Сх5.1                                                                                                     |
| ГОСТ 17433-80   |                             | 20.6                                                                                                         |
| ГОСТ 17516.1-90 |                             | 18.3.6, 18.Сх1, 20.5.2                                                                                       |
| ГОСТ 18140-84   |                             | 18.16.Сх1                                                                                                    |
| ГОСТ 18599-83   |                             | 16.Т11                                                                                                       |
| ГОСТ 19433-88   | 7.2.5, 7.Т3, 7.Т6           | 18.15.Т7, 18.15.Т8, 18.16.Т2, 18.16.Т3, 18.17.Т10, 18.17.Т11, 18.18.Т3, 18.19.Т2, 18.23.Т1                   |
| ГОСТ 19605-74   | 7.1                         |                                                                                                              |
| ГОСТ 20520-75   |                             | 14.5.11, 14.Т16                                                                                              |

| № документа         | Книга 1                           | Книга 2                                  |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
|                     | № главы, подпункта                | № главы, подпункта                       |
| ГОСТ 21480-76       | 5.12.4                            |                                          |
| ГОСТ 21829-76       | 5.12.4                            |                                          |
| ГОСТ 21889-76       | 5.12.4                            |                                          |
| ГОСТ 21958-76       | 5.12.4                            |                                          |
| ГОСТ 22269-76       | 5.12.4, 7.3.3                     |                                          |
| ГОСТ 22483-77       |                                   | 14.5.5                                   |
| ГОСТ 22520-85       |                                   | 18.17А1.8, 18.16.Сх1                     |
| ГОСТ 22782.5-78*    | 8.8, 8.9.1, 8.9.5                 |                                          |
| ГОСТ 22836-77       |                                   | 18.14                                    |
| ГОСТ 23000-78       | 5.12.4                            |                                          |
| ГОСТ 24335-80       |                                   | 14.5.13, 14.Т21                          |
| ГОСТ 24586-73       |                                   | 15.3                                     |
| ГОСТ 24682-81       |                                   | 18.3.4, 18.Т5.3                          |
| ГОСТ 25861-83       | 5.4, 5.12.4                       |                                          |
| ГОСТ 26387-84       | 1.5.8                             |                                          |
| ГОСТ 27300-87       | 5.5                               |                                          |
| ГОСТ 27300-97       | 3.Т1                              |                                          |
| ГОСТ 27751-88       | 5.Сх2, 7.3.6                      |                                          |
| ГОСТ 30030-93       | 9.13                              |                                          |
| ГОСТ 30244-94       | 7.Сх3                             |                                          |
| ГОСТ 30247.0-94     | 7.3.4                             |                                          |
| ГОСТ 30402-96       | 7.3.4                             |                                          |
| ГОСТ 30403-96       | 7.3.4                             |                                          |
| ГОСТ 30444-97       | 7.3.4                             |                                          |
| ГОСТ 51628-2000     |                                   | 20.5.3                                   |
| ГОСТ Р 8.585-2001   | 5.Т3                              | 13.5.2, 18.14, 18.15, 18.15.Т2, 18.15.Т7 |
| ГОСТ Р 12.0.002-80  |                                   | 18.4                                     |
| ГОСТ Р 12.3.047-98  | 2.3, 7.3.1, 7.Т6, 8.4.4,<br>7.Сх2 |                                          |
| ГОСТ Р 15.000-94    | 1.8                               |                                          |
| ГОСТ Р 30331.1-95   | 8.9.1, 9.1, 9.22                  |                                          |
| ГОСТ Р 50030.5.2-99 |                                   | 18.13.1, 18.13.2, 18.13.4                |
| ГОСТ Р 50377-92     | 5.4                               |                                          |
| ГОСТ Р 50462-92     |                                   | 17.Т5                                    |
| ГОСТ Р 50571.1-93   | 9.1, 9.4, 9.5, 9.7                | 16.4.1                                   |
| ГОСТ Р 50571.2-94   | 9.7                               | 18.Сх1, 20.5.2                           |
| ГОСТ Р 50571.3-94   | 9.8, 9.18, 9.Т1, 9.Т2             |                                          |
| ГОСТ Р 50571.4-94   | 9.20, 9.21                        |                                          |
| ГОСТ Р 50571.5-94   | 9.22, 9.Т6                        |                                          |

| № документа                      | Книга 1                                              | Книга 2                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                  | № главы, подпункта                                   | № главы, подпункта                           |
| ГОСТ Р 50571.6-94                | 9.23                                                 |                                              |
| ГОСТ Р 50571.9-94                | 9.22                                                 |                                              |
| ГОСТ Р 50571.15-97               |                                                      | 14.5.2, 14.Т9, 16.4.1, 16.Т1, 20.4.2, 20.5.2 |
| ГОСТ Р 50571.20-2000             | 9.24                                                 |                                              |
| ГОСТ Р 50571.26-2002             | 9.25                                                 |                                              |
| ГОСТ Р 50628-2000                | 5.4                                                  |                                              |
| ГОСТ Р 51318.22-99               | 5.4                                                  |                                              |
| ГОСТ Р 51330.0-99                | 8.5.2, 8.9.1                                         | 18.2, 18.7, 18.15, 18.Т10, 18.16.Сх1         |
| ГОСТ Р 51330.1-99                | 8.Т11                                                | 18.2                                         |
| ГОСТ Р 51330.2-99                | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.3-99                | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.6-99                | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.7-99                | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.8-99                | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.9-99                | 7.4.4, 8.4.1, 8.4.4, 8.Т9, 8.Т10, 8.Т13, 8.Сх2       | 16.4.1                                       |
| ГОСТ Р 51330.10-99               | 8.8, 8.9.1, 8.9.2, 8.9.3, 8.9.5, 8.9.6, 8.Т11, 8.Т15 | 18.2                                         |
| ГОСТ Р 51330.11-99               | 8.6.1, 8.Т3, 8.Т4, 8.Т5, 8.Т14                       |                                              |
| ГОСТ Р 51330.13-99               |                                                      | 17.Т5                                        |
| ГОСТ Р 51330.14-99               | 8.5.1, 8.Т11                                         |                                              |
| ГОСТ Р 51330.17-99               | 8.Т11                                                |                                              |
| ГОСТ Р 51330.19-99               | 8.2.1, 8.Р1, 8.Т1                                    |                                              |
| ГОСТ Р 51330.22-99               | 8.4.2, 8.Т9                                          | 16.4.1                                       |
| ГОСТ Р 51992-2002                | 9.25                                                 |                                              |
| ГЭСНп 81-04-02-2001<br>сборник 2 | 3.2, 3.Пр1                                           |                                              |
| ГЭСНп 2001-01                    | 3.2                                                  |                                              |
| МДС 81-27-2001                   | 3.Пр1                                                |                                              |
| МИ 2333                          |                                                      | 18.17.Т3                                     |
| МР 14-02-2003                    |                                                      | 15.13                                        |
| НИПИ                             | 9.9                                                  |                                              |
| НПБ 22-96                        |                                                      | 20.4.1, 20.4.2                               |
| НПБ 88-2001                      | 5.Сх2, 7.3.5, 7.Т9                                   |                                              |
| НПБ 105-1995                     | 5.Сх2, 7.3.5, 7.Т8                                   |                                              |
| НПБ 105-03                       | 4.4, 5.Сх2, 7.3.6                                    | 18.6.3, 18.Сх1, 18.Т9, 20.4.2                |
| НПБ 110-03                       | 5.Сх2, 7.3.5                                         | 18.6.3, 18.Сх1, 20.4.2, 20.Т9                |
| ОРММ-3                           | 2.2, 2.8, 5.11, 5.Т4                                 |                                              |

| № документа               | Книга 1                                                                                                                                                               | Книга 2                                                                                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | № главы, параграфа                                                                                                                                                    | № главы, параграфа                                                                                                                            |
| ОСТ 36.13-90              |                                                                                                                                                                       | 17.2                                                                                                                                          |
| ОСТ 34258-75              |                                                                                                                                                                       | 18.17.А1.7                                                                                                                                    |
| ОСТ 34259-75              |                                                                                                                                                                       | 18.17.А1.7                                                                                                                                    |
| ОСТ 34263-75              |                                                                                                                                                                       | 18.17.А1.7                                                                                                                                    |
| ОСТ 34269-75              |                                                                                                                                                                       | 18.17.А1.7                                                                                                                                    |
| ОСТ 34270-75              |                                                                                                                                                                       | 18.17.А1.7                                                                                                                                    |
| ПБ 03-585-03              |                                                                                                                                                                       | 14.Т2, 15.2, 15.3, 15.Т1а, 16.4.2                                                                                                             |
| ПБ 03-591-03              |                                                                                                                                                                       | 15.3                                                                                                                                          |
| ПБ 09-170-97              | 7.3.1                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                               |
| ПБ 09-540-03              | 7.3.1                                                                                                                                                                 | 12.4.4.2, 13.5.8, 13.Пр1, 18.6.1, 18.Сх1, 20.2                                                                                                |
| ПБ 12-368-00              | 3.Пр1П                                                                                                                                                                |                                                                                                                                               |
| ППБ 01-93*                | 7.2.5, 7.Т3                                                                                                                                                           | 18.15.Т7, 18.15.Т8, 18.16.Т2, 18.16.Т3, 18.17.Т10, 18.17.Т11, 18.18.Т3, 18.19.Т2, 18.23.Т1                                                    |
| ПБУ 6/01                  | 3.2                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                               |
| ПБУ 14/2000               | 3.2                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                               |
| ПИВЭ-63                   | 8.2.2, 8.5.1, 8.Т11                                                                                                                                                   |                                                                                                                                               |
| ПИВРЭ<br>(ОАА.684.053-67) | 8.2.2                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                               |
| ПУЭ, 6-е издание          | 5.4, 5.12.4, 5.Сх2, 7.3.6, 8.2.2, 8.4.1, 8.4.2, 8.5.1, 8.6.1, 8.Т5, 8.Т8, 8.Т9, 8.Т11, 8.Т13, 8.Т14, 8.Сх3, 9.Т2                                                      | 13.5.1, 13.Т6, 14.5.1, 16.3, 16.4, 16.4.1, 16.10.1, 16.Р4, 16.Т3, 16.Т5, 16.Т6, 16.Т7, 16.Т17, 18.3.8, 18.3.9, 18.4, 18.7, 18.8, 18.Сх1, 20.2 |
| ПУЭ, 7-е издание          | 1.3, 1.3.1, 4.4, 5.4, 5.12.4, 5.Сх2, 7.4.4, 7.11, 8.1, 8.Т2, 8.Т3, 9.1, 9.5, 9.7, 9.8, 9.10, 9.13, 9.15, 9.16, 9.17, 9.18, 9.19, 9.21, 9.22, 9.23, 9.25, 9.Сх1, 9.Сх3 | 20.5.2, 20.5.3                                                                                                                                |
| Р.2.2.013-94              | 7.5                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                               |
| Р 50-34.119-90            |                                                                                                                                                                       | 20.10                                                                                                                                         |
| РД 09-251-98              | 4.4                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                               |
| РД 34.21.122-87           | 5.Сх2, 7.4.2, 7.4.3, 7.4.4, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.Сх4, 8.Сх6                                                                                                         | 20.5.3                                                                                                                                        |
| РД 50-34.698-90           | 1.2.3, 3.3, 3.Т1, 5.13, 5.Т5, 6.3.1, 6.Т2                                                                                                                             | 12.2.1, 12.3, 12.4, 14.1, 14.4, 16.1                                                                                                          |
| РД 50-411-83              |                                                                                                                                                                       | 18.17.Т3                                                                                                                                      |
| РД 50-680-88              | 1.5.1, 2.2, 2.7                                                                                                                                                       | 12.2.1                                                                                                                                        |

| № документа             | Книга 1                                     | Книга 2                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                         | № главы, подпункта                          | № главы, подпункта                                                      |
| РД БТ 39-0147171-003-88 |                                             | 18.19                                                                   |
| РМ 4-6-92               |                                             | 15.Т4, 16.5.1, 16.Сх4, 16.Сх5, 16.Сх6,<br>16.Т4, 16.Т12, 16.Т13, 16.Т14 |
| РМ 4-227-89             | 1.6.3                                       |                                                                         |
| РМ 4-239-91             |                                             | 18.10                                                                   |
| РМ 14-11-95             |                                             | 16.Т18                                                                  |
| РМ 25.951-90            | 5.Т4                                        |                                                                         |
| РМГ 29-99               | 1.5.5, 1.7, 10.1, 10.2, 10.3                | 18.9, 18.11, 18.12, 18.15, 18.Сх3, 18.Сх4                               |
| РСН на монтаж           | 3.2                                         |                                                                         |
| СанПиН 2.2.4.542-96     | 5.4, 7.3.6                                  | 20.4.2, 20.Т6                                                           |
| СБЦ                     | 2.3, 3.2, 4.2                               | 20.4.2                                                                  |
| СН 512-78               |                                             | 20.4.2                                                                  |
| СН 550-82               |                                             | 16.5.1                                                                  |
| СНиП 2.01.01-82         | 7.5                                         |                                                                         |
| СНиП 2.01.02-85*        |                                             | 16.4.1                                                                  |
| СНиП 2.01.07-85*        | 5.Сх2, 7.3.6                                |                                                                         |
| СНиП 2.01.15-90         | 5.Сх2                                       |                                                                         |
| СНиП 2.03.11-85         | 1.4.5                                       |                                                                         |
| СНиП 2.04.01-85*        | 7.3.6                                       | 20.4.1, 20.4.2                                                          |
| СНиП 2.04.05-91*        | 5.Сх2, 7.3.6                                | 20.4.1, 20.4.2, 20.Т5, 20.Т7                                            |
| СНиП 2.04.09-84         |                                             | 20.4.1, 20.4.2                                                          |
| СНиП 2.04.14-88         | 7.3.2                                       |                                                                         |
| СНиП 2.07.01-89         | 5.Сх2                                       |                                                                         |
| СНиП 2.09.02-87*        |                                             | 20.4.2, 20.Т11, 20.Т12                                                  |
| СНиП 2.09.03-85         | 5.Сх2                                       |                                                                         |
| СНиП 2.09.04-87*        | 4.4, 7.3.6, 7.5, 7.Т12                      | 20.12.4                                                                 |
| СНиП 3.05.05-84         | 3.2, 3.Т1, 7.3.2                            |                                                                         |
| СНиП 3.05.06-85         | 3.2                                         |                                                                         |
| СНиП 3.05.07-85         | 3.2, 3.Т1, 5.5                              | 12.4, 12.4.1, 14.2, 15.1, 15.13, 18.10,<br>20.8, 20.9, 20.Пр1           |
| СНиП 4.06-91            | 3.2                                         |                                                                         |
| СНиП 11-01-95           | 1.1, 3.2, 3.3, 3.Т1, 7.5                    |                                                                         |
| СНиП 21-01-97           | 5.Сх2, 7.3.4, 7.3.5, 7.3.6,<br>7.4.4, 7.Сх3 | 16.4.1, 20.3, 20.4.1, 20.4.2                                            |
| СНиП 23-01-90           | 5.8, 5.Сх2                                  |                                                                         |
| СНиП 23-05-95           | 7.Т22                                       | 20.4.1, 20.4.2                                                          |
| СНиП 31-03-2001         | 7.3.3, 7.3.4                                |                                                                         |
| СНиП 31-04-2001         | 7.3.6                                       |                                                                         |
| СНиП II-89-80*          | 5.Сх2, 7.3.6                                |                                                                         |
| СО 153-34.21.122-2003   | 5.Сх2, 7.4.8, 7.Р1, 7.Т26                   | 18.Сх1                                                                  |

| № документа                                                                                                                                | Книга 1            | Книга 2                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
|                                                                                                                                            | № главы, подпункта | № главы, подпункта             |
| СП 11-101-95                                                                                                                               | 5.13               |                                |
| ТУ—газ—86                                                                                                                                  |                    | 18.Пр6                         |
| Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями) | 1.2.2              | 12.4.2, 12.8.1, 18.6.1, 18.Сх1 |
| Перечень помещений и зданий энергетических объектов РАО «ЕЭС России» с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности          |                    | 20.4.2, 20.Т4                  |
| Технический циркуляр ГМА от 5 июля 1998 г. за № 28-6-1/И19                                                                                 | 1.4.4              | 12.4.1, 20.Т13                 |

## Оглавление

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие .....                                                     | 3   |
| Введение .....                                                        | 5   |
| Глава 11. Требования к выполнению схем .....                          | 12  |
| Глава 12. Структурные схемы .....                                     | 25  |
| Глава 13. Принципиальная электрическая схема.....                     | 113 |
| Глава 14. Схемы соединений и подключений электрических проводок ..... | 241 |
| Глава 15. Схемы соединений и подключений трубных проводок .....       | 345 |
| Глава 16. Схема расположения .....                                    | 385 |
| Глава 17. Общий вид щита, пульты .....                                | 477 |
| Глава 18. Выбор средств автоматизации АСУТП .....                     | 537 |
| Глава 19. Выбор средств вычислительной техники и SCADA-систем.....    | 825 |
| Глава 20. Задания по смежным разделам проекта.....                    | 861 |
| Указатель нормативно-технической документации .....                   | 933 |

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСУТП**  
Методическое пособие. Книга 2

*А. Л. Нестеров*

Главный редактор  
*Юрий Смольянов*

Технический редактор  
*Елена Голованова*

Верстка  
*Светлана Кулаева*  
*Юлия Левина*  
*Наталья Макаренко*  
*Алексей Марус*

Оформление  
*Евгений Осипов*

Корректura  
*Марина Попова*  
*Наталья Жукова*  
*Валентина Эйсман*

Подписано в печать 10.10.08. Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Печать офсетная. Гарнитура «Newtop». Объем 59 п. л.  
Тираж 1 000 экз. Заказ № 12533

ООО «Издательство ДЕАН»  
191040, Санкт-Петербург, ул. Пушкинская, 10  
Тел. (812) 712-27-40

*Редакционно-издательский отдел:*  
Тел. (812) 572-11-30  
E-mail: izdat@deanbook.ru

*Отдел продаж:*  
Тел./факс (812) 764-52-85  
E-mail: zakaz@deanbook.ru

**www.deanbook.ru**

Отпечатано по технологии С/Р  
в ОАО «Печатный двор» им. А. М. Горького  
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15