

А. Л. Нестеров

Проектирование АСУТП

Методическое пособие

Книга 1

Нестеров А. Л.

Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1. – СПб : Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с.

В данной книге, первой из двух, описывается:

об основных принципах проектирования АСУТП, принципах проектирования АСУТП, во многом и фундаментальный принцип классификации/классификация объектов управления, стадии создания, виды объектных функциональных АСУТП;

о требованиях к стадии создания АСУТП в целом;

и требованиях к стадии проектирования функционального объекта;

о функциональных этапах создания объектов средств АСУТП и о функциональных этапах их реализации, реализации;

об объектных функциональных программах объектов АСУТП;

Особенности функционального объекта и в целом объектных АСУТП, в частности рассмотрены их создание системы, и в терминологическом отношении объекты управления, и мероприятия, обеспечивающие их функционирование и взаимодействие объектов управления с объектами-технологическими средствами АСУТП. Рассмотрены особенности и требования к объектам АСУТП. Даны рекомендации по выбору в целом функциональных, применены в Российской Федерации и в зарубежных странах, по методике классификации функциональных объектов, по маркировке объектов управления по маркировке. Также даны рекомендации по разработке объектов, по маркировке объектов управления по маркировке. Также даны рекомендации по разработке объектов, по маркировке объектов управления по маркировке.

Приведены термины и комментарии по терминологии объектных объектов управления с учетом особенностей управления объектами, указана необходимость обязательности объектных и объектных объектов управления и объектных объектов управления, объектных объектов управления и объектных объектов управления на различных этапах проектирования АСУТП.

Методическое пособие предназначено для проектирования, разработки АСУТП, для проектирования функциональных и объектных, участия в создании АСУТП на различных этапах их разработки и реализации, для специалистов функциональных систем управления с целью установления объектных объектов управления АСУТП на объектах.

Целью книги будет выдано специалистам, специалистам интересующимся проблемами объектных объектов управления.

Предисловие

Создание автоматизированных систем управления технологическими процессами АСУТП в условиях частного или корпоративного владения капиталом и промышленные предприятия России требует реализации специфических требований владельцев предприятия.

В то же время значительное число нормативных, руководящих и рекомендуемых документов создает правовые и технологические ограничения во всех (или в большинстве) аспектах функционирования технологических объектов управления и систем управления.

Требованиям нормативно-технических документов, направленных на безусловное создание условий промышленной, экологической, пожарной, электрической безопасности промышленных предприятий требуют определенных инженерных решений и затрат на их реализацию.

Основной принцип проектирования — обеспечение в проектируемом объекте, системе, устройстве и т. п. баланса «необходимость — доступность». При создании АСУТП — это задача нахождения и реализации балансов между материальными и финансовыми ограничениями, с одной стороны, и инженерно-технической необходимостью выполнения требований функциональной достаточности системы управления при безусловном обеспечении требований промышленной и иной безопасности, с другой стороны. Это сложная и неоднозначная задача для создателя АСУТП. Кроме того, задача усложняется в связи с тем обстоятельством, что созданием АСУТП в настоящее время занимаются десятки организаций. Костяк специалистов организаций составляют разработчики микроэлектроники, информационных технологий, программных продуктов. Эти же разработчики участвуют в процессе внедрения разработанных систем, в гарантийном и послегарантийном обслуживании систем.

Специалисты фирм работают над системой «на себя», т. е. технические решения воплощаются в конструкции и программы в той же фирме, а затем система налаживается и сопровождается также этой фирмой. При ограниченности времени (а это практически неизбежно) в фирме подчас уделяется недостаточное внимание технической документации системы, работы часто проводятся по наброскам и эскизам, исполнительная и эксплуатационная документация по техническому и программному обеспечению не составляется.

Таким образом, потребитель системы принуждается к исполнителю — разработчику системы со всеми вытекающими из этого положительными и отрицательными последствиями.

В то же время, отсутствие (недостаточность) документации, ее своеобразное, не по СНиП и ГОСТ СПДС оформление увеличивают трудозатраты при проведении монтажных и наладочных работ.

Неизбежная «миграция» и «занятость разработчика» в период эксплуатации системы создает условия для обслуживания технических средств и кабельных проводок на ощупь, методом «тыка» и тем самым приводит к ухудшению помехоустойчивости и надежности системы, увеличению времени на восстановление системы.

Нормативные документы на создание АСУТП по составу, содержанию и оформлению технической документации различных видов обеспечения АСУТП разнообразны и неоднозначны. Они содержат ссылки на нормативные документы других

стандартов, в частности «Системы проектной документации для строительства СПДС». Однако до последнего времени документы СПДС охватывали вопросы проектирования систем автоматизации, но не проектирования АСУТП.

Предлагаемое методическое пособие представляет попытку логически объединить (с необходимыми ссылками) требования НТД различных систем для создания АСУТП. Большое внимание в пособии уделяется разработке технической документации нижнего уровня АСУТП. На нижнем уровне применяются многочисленные и разнообразные средства контроля, измерения, защиты и управления, объединенные различными индивидуальными и полевыми промышленными сетями со следующим уровнем АСУТП. «Плевые» средства автоматизации и «полевые» сети нижнего уровня располагаются непосредственно в производственных зданиях, сооружениях и в наружных установках. Они тесно связаны с проектированием так называемых смежных частей проекта (архитектурно-строительная, технологическая, электротехническая, генеральный план и транспорт и др.), которые должны обеспечить комфортное функционирование АСУТП.

Методическое пособие составлено по просьбе и инициативе сотрудников фирмы «Олимп», г. Рига, разрабатывающих и внедряющих автоматизированные системы управления технологическими процессами, в том числе пожаротушения взрывоопасных производств.

Данный раздел представляет собой первую из двух книг пособия. Разработано методическое пособие техническим консультантом ООО «Петропроект» г. Санкт-Петербурга Нестеровым А. Л. при повседневной организационной и технической поддержке коллектива «Петропроект» во главе с директором Зарецким А. М. и техническим директором Егоровым А. В.

Материалы по мере их подготовки рассматривались сотрудниками фирмы «Петропроект» и «Олимп», замечания и пожелания которых нашли отражение в окончательной редакции первой книги.

По материалам ряда глав получены и учтены замечания и предложения от практиков-эксплуатационников взрывоопасного технологического объекта «Вентспилс Нафта» господ Ильюшина Н., Дышлова Н., Шкирманта С., внимание которых к пособию ценно и заслуживает особого уважения.

Пособие подготовлено и издано при помощи и содействии спонсора — директора ООО «Олимп», бывшего прораба «Севзаппомонтажавтомятк» Басина И. Д., которому выражаю особую благодарность.

Всем, кто принял участие в рассмотрении материалов первой книги пособия, выражаю сердечную признательность и благодарность.

Все замечания и пожелания, направленные на улучшение данной книги, а также предложения по составу второй книги будут приняты с благодарностью.

Автор

Введение

Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (Минприбор) координировало работу многочисленных научно-исследовательских, конструкторских и проектно-конструкторских организаций в области разработки, конструирования и проектирования новых систем автоматизации, систем управления, информационных технологий.

НИИ, КБ и заводы Минприбора располагались во многих городах страны.

Многие министерства (черной и цветной металлургии, химии, минеральных удобрений, пищевой и легкой промышленности, общего и среднего машиностроения, радио-, электронной и электротехнической промышленности, связи, строительных и монтажных работ и др.) также имели в своем подчинении ряд НИИ, КБ лабораторий, центров и головных институтов по проектированию отраслей промышленности (ГИПРО).

Все организации Министерства в большей или меньшей степени планомерно вели работы по созданию систем автоматизации и систем управления в соответствующих отраслях производства, в том числе по планам важнейших работ по новой технике.

В разработке и проектировании систем автоматизации и управления использовались выпускаемые отечественной промышленностью приборы, средства автоматизации, средства вычислительной техники и передачи данных. В отдельных системах по специальному разрешению возможно было использование импортного оборудования.

В стране разрабатывались и действовали нормативные, руководящие и методические документы по всем видам конструкторских и проектных работ. Эти документы создавались по скоординированным планам, учитывали специфику отраслей.

После распада СССР в сложившихся условиях хозяйствования произошли изменения в методах создания систем автоматизации и управления.

Организации союзных республик, связанные с созданием систем автоматизации и управления, оказались за рубежом.

Организации России резко сократили штаты и объемы выполняемых работ; некоторые организации вообще перестали существовать.

В то же время группы энергичных, инициативных, в определенном плане «элитных» специалистов создали большое число небольших (до 30 человек) и средних (до 150 человек) фирм по разработке автоматизированных систем управления и внедрения сетевых технологий в промышленной и непроизводственной сферах.

Бурный рост аппаратной и программной базовой продукции зарубежного изготовления и значительный людской запас отечественных инженеров-электронщиков и программистов повлияли на направления создания АСУТП.

Первое направление — создание и модернизация отечественной базовой продукции, а также русификация и сервисное сопровождение продукции ряда зарубежных фирм.

Второе направление — широкое использование базового аппаратного и программного продукта как российского, так и зарубежного производства для системной интеграции программно-технического комплекса и сдачи его «под ключ» Заказчику.

Имеются фирмы, которые идут в основном по первому направлению, другие фирмы используют второе направление, третьи — занимаются работами в обоих направлениях.

Появление значительного числа новых малых и средних фирм – разработчиков, интеграторов, проектировщиков, внесло определенную неоднозначность в состав, содержание и оформление технических документов на АСУТП. Различное толкование самого понятия АСУТП, её составных частей, типов обеспечения системы, взаимосвязей между видами обеспечения, границ проектирования АСУТП со смежными частями проекта (электротехнической, связи и сетей передачи информации, отопления и вентиляции, технологической и др.) – неизбежал составляющая индивидуального творческого подхода специалистов новых (относительно новых – до 15–20 лет) фирм.

Костяк этих фирм образовался, как правило, из специалистов, получивших базовое образование по электронике, микроэлектронике, вычислительной технике, информационным технологиям, программированию и другим подобным дисциплинам.

Эти специальности достаточно далеки от дисциплин по технологическим процессам и аппаратам, инженерным сетям предприятий, но строительству, монтажу и т. п. видам деятельности.

Отдельные центры обучения при высших учебных заведениях, учебные курсы и семинары, которые организуют некоторые фирмы, посвящают занятиям передовым технологиям в области АСУ: открытые семинары на промышленные контроллеры, промышленные сети, стандартизированные языки программирования промышленных контроллеров, технологии и интерфейсы SCADA-систем, информационные технологии и др.

Обучение методам и способам сбора исходных данных, их анализу, согласованию; разработке и оформлению проектной и сметной документации на техническое обеспечение АСУТП и т. п. специалисты фирм проходят самостоятельно в процессе конкретного выполнения тех или иных работ по созданию АСУТП.

Настоящее методическое пособие имеет целью помочь специалистам фирмы обратиться 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, производство 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.

Методическое пособие содержит 20 глав, которые скомпонованы в 2 книги.

Первая книга посвящена общим вопросам проектирования АСУТП и содержит 10 глав.

Глава 1 «Границы проектирования» дает представление:

- о месте АСУТП на предприятии: вообще и в составе подсистем АСУ предприятия, которые могут образовать интегрированную АСУ;
- об АСУТП, как электроустановке, имеющей специфику функционирования;
- об АСУТП, обладающей особыми требованиями по надежности аппаратных и программных средств;
- об АСУТП, как системе с метрологическими характеристиками отдельных составляющих.

Главы 2, 3 и 4 отражают основные терминологические понятия АСУТП, стадийность и стоимость работ по созданию АСУТП в целом и ее составных частей, требования к оформлению и подписанию контракта/договора на выполнение работ по созданию АСУТП.

Глава 3 определяет порядок расчета цены разработки АСУТП на различных стадиях и для разных видов обеспечения. Порядок расчета представлен в виде последовательности строк общей таблицы, которые заполняются по данным исходных материалов для проектирования конкретного технологического объекта управления. Пояснено использование различных повышающих и понижающих коэффициентов к базовой цене разработки.

В главе изложены правила расчета стоимости производства пусконаладочных работ АСУТП ресурсным способом. Правила представляют собой последовательные шаги по 16 пунктам А, Б, В, ... Р расчета, которые заполняются исходя из материалов рабочего проекта технического и общесистемного обеспечения АСУТП.

Глава 4 предлагает использовать блок-схемы, отражающие организацию анализа исходных материалов, на основании которых подготавливается контракт на создание АСУТП и проводится оформление контракта.

Глава 5 — одна из основных глав пособия, в которой изложены требования и методы получения и анализа исходных материалов, на основании которых будет проектироваться АСУТП.

Глава 6 — дает примеры по организации выполнения рабочего проекта, показывает последовательность разработки отдельных видов обеспечения системы и отдельных документов технического обеспечения АСУТП с учетом требований стандартов СПДС «Системы проектной документации для строительства», которые рекомендуется выполнять стандартами КСАС ИТ «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы» и стандартами СТДАСУ «Система технической документации на АСУ».

Показано, что документы утверждаемой части рабочего проекта по СПДС практически соответствуют документам проекта по СПДС (технического проекта по КСАС). Обращено особое внимание на необходимость своевременных согласований определяющих решений и ряда проектных материалов. Несогласованность отмеченных решений и материалов может повлечь переработку документации и программ АСУТП или изменения документации смежных частей проекта, которые приводят к различного рода потерям: материальным, трудовым, финансовым и психологическим.

Глава 7 насыщена информацией по классификации веществ и материалов используемых в технологических производствах, по показателям, уровням и категориям пожарной и взрывопожарной опасности, развития пожара в зданиях и сооружениях.

В главе приведены нормы, обеспечивающие возможность функционирования персонала и технических средств АСУТП, представлены классы условий труда по разнообразным показателям. Отдельный раздел главы содержит сведения о разрядах молнии и опасных воздействиях ее, сведения о зонах и способах молниезащиты, в разделе приведены материалы по новому подходу к молниезащите, учитывающие современные требования, западный опыт и т. д. в этой области.

Главы 8 и 9 посвящены изложению вопросов безопасности людей при эксплуатации технологического объекта.

Глава 8 касается взрывобезопасности оборудования АСУТП и СА на технологическом объекте, который содержат в том или ином виде взрывоопасные смеси паров, газов, волокон или пыли.

Отмечены отличия классификации взрывоопасных зон и видов взрывозащиты по российским нормам и Нормам европейских стран и стран Северной Америки. В этой главе также отражены вопросы взрывозащиты, связанные с искробезопасностью цепей АСУТП, разрядами статического электричества и высоковольтными импульсами на напряжения.

Электробезопасность АСУТП рассмотрена в главе 9 как система защитных мер по обеспечению безопасности людей, окружающей среды и имущества от опасности ущерба во всех режимах работы электроустановки по требованиям «Правил устройства электроустановок».

В главе даны пояснения по системам токоведущих проводников, по системам заземления, по мерам защиты от поражения электрическим током, по заземлению средств АСУТП. Особо выделены разделы по защите в пожароопасных зонах, по защите от сверхтоков, по электромагнитной совместимости.

Отдельная глава (глава 10) содержит обширные сведения о физических величинах и единицах их измерения в Международной системе единиц СИ, о единицах измерения (включая старые), которые применяются в различных странах.

Приведены наименования, размерности величин и обозначения единиц измерений пространства и времени, механических, тепловых, электрических, магнитных, световых величин, т. е. физических величин, измерения и контроль которых осуществляется в АСУТП различных промышленных производствах, как действующих, так и вновь проектируемых, в том числе по инвестиционному строительству.

Таблицы 4-х типов содержат соотношения между единицами различных систем измерений физических величин с указанием коэффициента пересчета числовых значений единиц. Каждый вид таблиц пояснен конкретными примерами.

Рассмотрен перевод однородных физических величин одной системы измерения в другую на конкретном примере обозначенного (корнидисового) расходомера зарубежной фирмы.

Во второй книге пособия будут рассмотрены вопросы разработки конкретных материалов проектно-сметной документации АСУТП.

Во второй книге будет освещено значение и виды схем применительно к уровням АСУТП. В книге будут рассмотрены общие требования и правила выполнения

схем АСУТП: организационной структуры (СО), функциональной структуры (С2); структуры комплекса технических средств (С1); автоматизации (С3), принципиальных электрических (С6), соединений (С4), подключений (С5), расположения оборудования и проводок (С7).

В отдельную главу будут выделены требования по выполнению эскизных чертежей общил видов щитов и пультов и их спецификаций.

Также в отдельную главу будут выделены требования по выполнению «Заданий на проектирование смежных частей проекта АСУТП» (помещений для размещения устройств комплекса технических средств, обеспечение электроэнергией и другими энергоносителями — сжатый воздух, гидравлика, тепло- и холодоноситель, кабельные сооружения, проемы, закладные устройства, связь и сигнализация, размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах).

Отдельные главы характеризуют действия по выбору средств автоматизации, средств вычислительной и информационной техники, SCADA-систем. Там же излагаются правила составления спецификаций по техническим и программным средствам.

При оформлении каждой из книг «Методического пособия» использованы элементы «Системы качества ИСО 9001:2001» по проектированию и разработке.

Каждая глава выполнения как отдельный законченный документ и имеет свою внутреннюю сквозную нумерацию листов/страниц, начиная с 1; например, нумерация в главе 4 4-1, 4-2, 4-3 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 5 разделы имеют обозначения 5.1, 5.2, 5.3 и т. д., а подразделы: 5.12.1, 5.12.2, 5.12.3 и т. д.

Последними разделами в каждой главе являются разделы «Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе» и «Перечень основных терминов, примененных в данной главе» (глоссарий). В данном перечне указаны основные термины, пояснения 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 законодательную информацию и требования.

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

Независимо 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 полезными или дополнительными материалами к текстовой части главы.

Обозначения указанных материалов таковы: впереди приведен порядковый номер главы, далее черточку обозначение вида материала (Пр – приложение, Р – рисунок, Сх – схема, Т – таблица) и порядковый номер материала конкретного вида, например, 3.Пр1, 3.Пр2, 3.Сх1, 3.Т1, 3.Т2 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 8.Т10, то по оглавлению находим номер листа, на котором приведена данная таблица.

Глава 1. ГРАНИЦЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

	Лист
1.1. Проектная документация на строительство предприятий и создание АСУТП	1–2
1.2. АСУТП — часть производственного объекта	1–2
1.2.1. Промышленная безопасность объектов производственных объектов	1–2
1.2.2. Требования безопасности опасных производственных объектов	1–3
1.2.3. Виды обеспечения АСУТП	1–5
1.2.4. Техническое обеспечение АСУТП и смежные части объекта	1–5
1.2.5. Составленная проектной документацией	1–8
1.3. АСУТП — специфичная электроустановка	1–8
1.3.1. Категории электроснабжения АСУТП	1–9
1.4. Границы проектирования АСУТП	1–11
1.4.1. Общие соображения	1–11
1.4.2. Границы проектирования с частью «Электроснабжения Э»	1–11
1.4.3. Границы проектирования с частью «Электросиловое оборудование ЭМ»	1–11
1.4.4. Границы проектирования с частью ТХ (ВК, ОВ и др)	1–12
1.4.5. Антикоррозионная защита	1–13
1.4.6. Организация службы эксплуатации СА и В1	1–13
1.5. АСУТП в интегрированной АСУ предприятия	1–14
1.5.1. Терминология в АСУ	1–14
1.5.2. Краткая историческая справка развития АСУ	1–15
1.5.3. Уровни управления предприятия	1–17
1.5.4. Уровни АСУТП	1–19
1.5.5. Термины по уровню	1–19
1.5.6. Уровень контроля и управления процессом	1–21
1.5.7. Уровень магистральной сети	1–21
1.5.8. Уровень человеко-машинного интерфейса	1–22
1.5.9. Отличие элементов по уровням АСУТП	1–23
1.6. Надежность АСУТП	1–23
1.6.1. Основные термины по надежности АСУТП	1–23
1.6.2. Показатели надежности АСУТП	1–24
1.6.3. Надежность технического обеспечения	1–25
1.6.4. Надежность в рамках гибких печений	1–25
1.7. АСУТП и метрология	1–27
1.8. Заключение	1–33
1.9. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	1–34
1.10. Технический материал, использованный в тексте	1–35
1.11. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	1–35

Перечень рисунков

1.P1 «Пирамида» управления промышленного предприятия	1–37
--	------

Перечень таблиц

1.T1. Марки основных комплексов рабочих чертежей по ГОСТ 21.101–97	1–38
1.T2. Технологическая последовательность выполнения проектных работ (р д)	1–40
1.T3. Наименования АС, используемых в АСУТП	1–44
1.T4. Наименования АС, используемых в АСУП	1–44
1.T5. Уровни модели OSI и их основные функции	1–45
1.T6. Выбор показателей надежности по классификационным признакам АСУТП	1–46

Перечень схем

1.Sc1. Факторы надежности ПО	1–49
------------------------------------	------

1.1. ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ И СОЗДАНИЕ АСУТП

В Российской Федерации разрабатываются и вводятся новые нормативно-технические документы по строительству. В то же время продолжают действовать некоторые общесоюзные нормативные документы в виде рекомендательных и справочных документов.

Новые нормативные документы учитывают обеспечение интересов потребителей в новых условиях хозяйствования, расширение областей применения нормативных документов рекомендательного характера с обязательным соблюдением норм и правил безопасности (ПБ) и правил охраны окружающей среды.

При этом новые Российские нормативные документы имеют тенденцию сближения требований этих нормативных документов с международными стандартами, со строительным законодательством и стандартами технически развитых зарубежных стран.

В методическом пособии приводятся ссылки на действующие в Российской Федерации нормативные документы, в ряде случаев дается сравнение российских и международных норм.

АСУТП разрабатывается, как правило, для строительства объектов. При этом по СНиП II-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» под термином «строительство» понимается (п. 2.1) новое строительство, расширение, реконструкция или техническое перевооружение предприятия, здания, сооружения, технологического процесса. Данная «Инструкция» устанавливает порядок разработки, согласования, утверждения, а также состав проектной документации на строительство объектов на территории Российской Федерации. Проектировщик АСУТП обязан должным образом изучить и в своих действиях следовать рекомендациям «Инструкции», а также рекомендациям (и требованиям), предъявляемым к определенным видам строительства и строительного проектирования (например, 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 34.601-90 «ИТ. КСАС. Автоматизированные системы. Стадии создания», ГОСТ 19 102-77 ЕСПД «Программная документация. Стадии создания»).

Подробнее о стадиях, стоимости, составе проектной документации по созданию АСУТП изложено в главах 3 и 5.

1.2. АСУТП – ЧАСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

1.2.1. Промышленная безопасность производственных объектов

Все производственные объекты, на которых осуществляют деятельность организации независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, подразделяются в области промышленной безопасности на опасные производственные объекты и не опасные производственные объекты.

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями):

«Статья 1. Основные понятия

– **привлеченная безопасность** опасных производственных объектов – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;

– **авария** – разрушение сооружений и/или технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и/или выброс опасных веществ».

«Статья 2. Опасные производственные объекты

1. Опасными производственными объектами в соответствии с настоящим Федеральным законом являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в приложении 1 к настоящему Федеральному закону (см. ниже)

2. Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

«Статья 6. Деятельность в области промышленной безопасности

1. К видам деятельности в области промышленной безопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта, взломоление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, проведение экспертизы промышленной безопасности, подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в образовательных учреждениях.

Отдельные виды деятельности в области промышленной безопасности подлежат лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2. Обязательным условием для принятия решения о выдаче лицензии на эксплуатацию является предоставление соискателем лицензии в лицензирующий орган акта приемки опасного производственного объекта в эксплуатацию или положительного заключения экспертизы промышленной безопасности, а также декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта»

«Статья 7. Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте

Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном законодательством Российской Федерации порядке. Перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, подлежащих сертификации, разрабатывается и утверждается в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации. »

1.2.2. Требования безопасности опасных производственных объектов

«Статья 8. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию опасного производственного объекта

1. Одним из обязательных условий принятия решения о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации

опасного производственного объекта является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

2 Отклонения от проектной документации в процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта не допускаются. Изменения, вносимые в проектную документацию на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

3 В процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта организации, разработавшие проектную документацию, в установленном порядке осуществляют авторский надзор.

4 Приемка в эксплуатацию опасного производственного объекта проводится в установленном порядке.

В процессе приемки в эксплуатацию опасного производственного объекта проверяются соответствие опасного производственного объекта проектной документации, готовность организации к эксплуатации опасного производственного объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии.

По приложению 1 к Федеральному закону к категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

1) получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества — газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества — вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества — жидкости, газы, дымы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества — вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества — вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

— средняя смертельная доза введения в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;

— средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;

— средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 миллиграмма на метр до 2 миллиграммов на метр включительно;

е) высокотоксичные вещества — вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза введения в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр;
- ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:
 - средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр;
 - средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр;
- 2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскала или при температуре нагрева воды более 115 °С;
- 3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскапаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- 4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- 5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях»

1.2.3. Виды обеспечений АСУТП

АСУТП является неотъемлемой составной частью производственного объекта

Создание АСУТП объекта управления производится по документам 2-х видов:

- техническое обеспечение системы;
- информационное, организационное, математическое/алгоритмическое и программное обеспечение системы

Необходимо отметить, что объем проектирования технического обеспечения АСУТП составляет около 21% в общем объеме проектных работ по созданию системы.

Проектирование технического обеспечения (ТО) АСУТП выполняется, как указано в ГОСТ 34.201-89 «ИТ. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем», по стандартам СПДС «Системы проектной документации для строительства».

Остальные виды обеспечения выполняются в соответствии с ГОСТ 34.201-89, требованиями по ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» и РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы, требования к содержанию документов».

1.2.4. Техническое обеспечение АСУТП и смежные части проекта

Проектирование ТО АСУТП по нормам СПДС тесно связано с работами по проектированию строительства, реконструкции, перевооружения технологического объекта управления (ТОУ), которые осуществляются по ГОСТ 21.101-97 «СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации».

В целом проектирование ТОО производится специалистами-проектантами по маркам основных комплектов рабочих чертежей, перечень которых приведен в таблице 1.11.

В общем плане выполнения проектных работ по ТОО документация по техническому обеспечению АСУТП имеет марку АТХ. Термин КИП и А (контрольно-измерительные приборы и автоматизация) применяется в основном при обмене заданиями между технологической, общинженерными (отопление, вентиляция, канализация и др.) частями проекта и частью проекта АТХ — «Задание на проектирование КИП и А объекта», «Задание на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах».

КИП и А входят составной частью в полевой уровень АСУТП.

Таблица 1.12 «Технологическая последовательность выполнения проектных работ» дает общее представление:

- о марках проектной документации, выполняемой по ГОСТ 21.101-97;
 - о видах проектной документации и заданиях на выполнение различных марок документов,
 - об ориентировочной продолжительности выполнения видов работ и распределении времени проектирования в %;
 - о возможности установления конкретных сроков выполнения видов работ.
- Подобная «последовательность выполнения проектных работ» может составляться для каждого технологического объекта управления или его части, обусловленной сроками этапов строительства и внедрения.

Естественно, каждый проектируемый технологический объект вносит свою специфику в объем выполняемых заданий и документов, в распределение времени выполнения видов работ.

Необходимо отметить особенность проведения проектных работ, специфичных для опасных производственных объектов.

В 6 главе будет освещена необходимая связь проектирования технического обеспечения АСУТП с проектированием других видов обеспечения (информационного, организационного, математического и программного)

И все же следует иметь в виду, что разработка технического обеспечения АСУТП более тесно связана с выполнением работ по другим частям строительного проектирования, чем другие виды обеспечения АСУТП.

В случае, если АСУТП проектируется для технологического объекта без его реконструкции или перевооружения, то возникает необходимость в проектировании смежных частей проекта, например:

- проектирование/перепроектирование специальных помещений для размещения средств контрольной и информационной техники, средств человеко-машинного интерфейса (автоматизированное рабочее место оператора, табло коллективного пользования и др.) с обеспечением необходимой климатике помещений;
- проектирование электропитывающей сети, защитного и функционального заземления для средств АСУТП;
- проектирование электроосвещения операторского помещения и др.;
- проектирование подвода энергоносителей (вода, воздух и др.) в случае необходимости;
- проектирование строительных проемов, кабельных сооружений (каналов, траншей, эстакад);

- проектирование закладных конструкций для установки средств автоматизации на технологическом оборудовании и трубопроводах;
- проектирование средств связи и сетей передачи информации (слаботочное хозяйство).

Проектирование новых или перепроектирование существующих помещений, необходимых для обеспечения нормального функционирования создаваемой АСУТП – один из сложных организационно-технических аспектов проектирования смежных частей проекта

Помещения АСУТП могут быть.

1. Встроенными в производственные помещения;
2. Размещенными в надстройке;
3. Размещенными в пристройке;
4. Расположенными в отдельно стоящем здании.

Вариант 1 предполагает перепроектирование существующих на предприятии помещений. Остальные варианты требуют проектирования новых помещений в соответствующих строительных сооружениях.

В заданиях на проектирование помещений АСУТП по вариантам 1 и 2 следует особо акцентировать внимание на освобождение помещений (в том числе по варианту 2 – чердачного помещения) от транзитных коммуникаций инженерных сетей и от ранее установленного в них оборудования различного назначения

При необходимости строительства отдельно стоящего здания или пристройки (варианты 3 и 4) проектировщик АСУТП обязан

- рассмотреть совместно с заказчиком (или его ответственным исполнителем) действующий, откорректированный на момент проектирования генеральный план в осях нового здания/пристройки, учесть взрыво-, пожароопасные зоны на объекте;
- согласовать с заказчиком необходимость и возможность демонтажа или переноса сооружений и коммуникаций различного рода (водопровод, канализация, технология, связь, электроснабжение и др.) по площади застройки с учетом действующих нормативов по допустимым расстояниям приближения здания к сооружениям и коммуникациям;
- выдать соответствующие задания на демонтаж или перенос сооружений и коммуникаций.

Выполнение проектных работ по смежным частям организует заказчик создания АСУТП по заданию проектировщика системы своими силами либо силами подрядных проектных организаций.

Технологическое задание (вертикальная графа 4 таблицы 1.12) от проектировщика – основного технолога, задания от проектировщиков по общинженерным частям (ОВ, ВК – графа 14), задания от проектировщиков по вспомогательному технологическому обеспечению (газ, сжатый воздух, азот, масло и т. д. и т. п. – графа 14) поступают к проектировщику АСУТП в различное время. Промежуточная и окончательная документация по компоновке всех видов технологического оборудования и трубопроводов, сводный план внутримощадных сетей и другие проектные документы, необходимые для выполнения проекта ТО АСУТП, разрабатываются и передаются также в различные сроки (графы 7, 11, 16, 19, 21) В то же время проектировщик АСУТП должен не задерживать работу смежников, своевременно составлять и передавать смежникам необходимые задания, реализация которых позволит обеспечить жизнедеятельность программно-технического комплекса и персонала АСУТП (графы 8, 9, 10, 12, 13, 15, 18, 21).

Кроме того, проектировщик АСУТП должен своевременно (примерно в срок 75–80% от общего времени проектирования) передать исходные данные для составления смет, выполнения раздела проекта организации строительства, выполнения разделов по охране окружающей среды и инженерно-технических мероприятий по чрезвычайным ситуациям.

Причем указанные последними разделы общего проекта (ООС и ИТМ ГО), а соответственно исходные данные для выполнения этих разделов, в ряде случаев должны выполняться опережающими темпами, что оговаривается в контракте/договоре на выполнение работ по проектированию АСУТП и учитывается рассматриваемой «последовательностью выполнения проектных работ».

1.2.5. Согласование проектной документации

Основные решения и документация ТЭО, проекта или утверждаемой части рабочего проекта строящегося объекта (стадии проектирования – смотри главу 3) заказчик и генеральный проектировщик должны согласовать в соответствующих органах надзора и управления:

- районный архитектор;
- архитектор города или области (в случае необходимости);
- Государственная инспекция по безопасности дорожного движения (ГИБДД);
- дорожная технология (строительство и эксплуатации автомобильных дорог);
- управление (отделение) железной дороги;
- санэпидстанция (СЭС);
- территориальная инспекция;
- муниципальный округ (с организацией общественного обсуждения);
- комитет экологии (района, города, области);
- Министерство по чрезвычайным ситуациям;
- Ростехнадзор;
- Госстрой России (в случае необходимости).

Отдельные решения по АСУТП (организация технологического контроля, мониторинг производственной и окружающей среды, противоаварийный звонит и автоблокировка и т. п., штаты по эксплуатации и ремонту программно-технического комплекса АСУТП, сертифицированное оборудование АСУТП и др.) входят составными частями в сводную пояснительную записку и материалы, подлежащие передаче в органы согласования.

1.3. АСУТП – СПЕЦИФИЧНАЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКА

АСУТП практически всегда содержит технические средства, требующие для своего функционирования питания электрическим током напряжением до 1 кВ.

Таким образом, АСУТП является специальной и специфичной электроустановкой до 1 кВ. На проектируемую и создаваемую АСУТП распространяются требования «Правил устройства электроустановок» ПУЭ.

Согласно «п. 1.1.2 ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний,

ремонтно-электротехнических работ и их электрооборудования». «п. 1.1.3. **Электроустановка** называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии».

В целом АСУТП, как система, является одним для несколькими электроприемниками и потребителями электрической энергии:

По ПУЭ «п. 1.2.7. **Приемником электрической энергии (электроприемником)** называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии, п. 1.2.8. **Потребителем электрической энергии** называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории».

1.3.1. Категорийность электроснабжения АСУТП

Различные АСУТП требуют электроснабжения с различной категорией надежности:

Отметим, что в общем случае АСУТП не может иметь электроснабжение худшей категории надежности, чем категории надежности электроснабжения самого технологического объекта управления.

Рассматривая АСУТП как специфичный электроприемник своим внутренним технологическим процессом контроля, регулирования, защиты, сигнализации, хранения информации о состоянии объекта управления и т. п., следует на первоначальной/предпроектной стадии создания АСУТП определить категорию электроснабжения. Причем некоторые структурные части АСУТП могут быть отнесены к различным категориям надежности электроснабжения.

Напомним требования ПУЭ к категориям электроснабжения по ПУЭ (7 издание): «п. 1.2.18. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

Электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников I категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий».

По отношению к технологическому объекту управления ТОУ, которые не имеют статуса «опасный производственный объект», категорий электроснабжения АСУТП

этого объекта может быть определена на основании п. 1.2.18 ПУЭ – I, II или III (см. выше).

Для ТОО, который имеет статус «опасный производственный объект», категория надежности должна соответствовать особой группе электроприемников I категории.

Требования, которые предъявляются к электроснабжению АСУТП соответствующих категорий надежности, изложены в пп. 1.2.19, 1.2.20 и 1.2.21 ПУЭ: «п. 1.2.19. 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 значительного 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.

1.2.20. 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.

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.»

Исходя из изложенных требований при проектировании должно быть обеспечено резервированное, дополнительное, независимое электроснабжение АСУТП или его структурных частей I (в том числе особой группы) или II категории.

Вопросы электробезопасности АСУТП изложены в главе 9 «Электробезопасность». В той же главе освещены вопросы заземления технических средств АСУТП, электромагнитной совместимости ЭМС, системы электропитания технических средств АСУТП.

1.4. ГРАНИЦЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСУТП

1.4.1. Общие соображения

В предыдущих подразделах данной главы приведена общая характеристика взаимосвязей различных частей проекта, выполняемых соответствующими специалистами.

Специалисты могут выполнять те или иные части проекта, находясь в одном подразделении организации, находясь в разных организациях. Распределение проектных работ по объекту строительства определяется возможностями тех или иных организаций (квалификацией кадров-специалистов, технической оснащенностью, в том числе САПР, сроками выполнения работ и т. п.) и по существу носит конъюнктурный характер.

Распределение, объем и стоимость работ определяется путем проведения торгов (тендера). В этих условиях проектировщик АСУТП обязан четко зафиксировать в договоре/контракте или протоколе границы проектирования АСУТП в целом, и соответствующего вида обеспечения, в частности. Распределение работ по видам обеспечения АСУТП изложено в главах 3 и 6.

Рассмотрим в этой главе вопросы границ между проектной документацией по части АТХ (техническое обеспечение АСУТП) и по другим частям: электроснабжение ЭС, электросиловое оборудование ЭМ, технология производства ТХ, инженерные системы (эти системы для АСУТП также являются технологическими «производствами»), а также проектированием службы эксплуатацией средств автоматизации и вычислительной техники.

1.4.2. Граница проектирования с частью «Электроснабжение ЭС»

Граница определяется в «Задании на обеспечение АСУТП электроэнергией».

Как правило, в части ЭС выполняется проектирование источников и преобразователей электропитания, электроснабжения электроустановок соответствующей категории надежности, защитного и рабочего заземления и молниезащиты всего сооружения, здания или помещения, в котором размещается ТОО. Питающие линии (фидеры) электроснабжения, защитные проводники заканчиваются вводными клеммами (зажимами) щитов и устройств АСУТП, которые являются граничным электрическим элементом с частью АТХ. Оборудование, кабельные конструкции, кабели, провода, монтажные материалы сетей электроснабжения (и заземления) учитываются в части ЭС.

В части АТХ проектируются схемы питания и защитного заземления (глава 13) отдельных электроприемников АСУТП, в том числе с преобразованием напряжения, от указанных выше граничных электрических элементов.

1.4.3. Граница проектирования с частью «Электросиловое оборудование ЭМ»

Вопрос о границе АТХ и ЭМ является наиболее сложным и требующим делового инженерного обсуждения между соответствующими специалистами при выполнении проектных работ по конкретному объекту.

Технологическое оборудование, имеющее электропривод, которое управляется или контроль за состоянием которого осуществляется оператором АСУТП, должно быть спроектировано/сконструировано таким образом, чтобы была обеспечена возможность такого управления и/или контроля. Таким же требованиям должен отвечать электропривод технологического оборудования.

Пускорегулирующая и защитная аппаратура электропривода предусматривается проектом ЭМ.

Органы управления и сигнализации электропривода, которые используются в АСУТП, выбираются по проекту ТО АСУТП.

Принципиальные электрические схемы управления и контроля электроприводом разрабатывают, как правило, специалисты ЭМ. Цепи элементов для осуществления автоматизированного управления и контроля электропривода выводятся на клеммы (зажимы) щитов и устройств электропривода.

Принципиальные электрические схемы автоматизированного управления и контроля электропривода разрабатывают специалисты АТХ (ТО АСУТП).

Рекомендуется принципиальные электрические схемы управления и контроля включать в документацию как ЭМ, так и АТХ. Возможно отдельные цепи схем изображать в различных частях проекта (ЭМ и АТХ). Например, цепи автоматизированного управления, контроля и сигнализации изображать на чертежах АТХ, силовые цепи и цепи местного управления – на чертежах ЭМ.

Электрические схемы и цепи соединений элементов ЭМ и АТХ, выбор и заказ оборудования и монтажных материалов, которые определяются этими схемами, выполняют по договоренности между собой либо в части ЭМ, либо в части АТХ.

Рекомендуется границы проектирования ЭМ и АТХ зафиксировать протоколом.

1.4.4. Граница проектирования с частью ТХ (ВК, ОВ и другие инженерные системы)

В технологической части проекта изображаются и специфицируются:

- устанавливаемые элементы автоматики с монтажными зонами;
- закладные и защитные конструкции для монтажа первичных приборов (бобышки, штуцера, гильзы, карманы, расширители, фланцевые соединения, фланцы, переходные патрубки и т. д.);
- запорная арматура на закладных конструкциях отборных устройств;
- вспомогательные устройства обеспечения нормального функционирования первичных приборов (редуктор, фильтр, байпас и т. п.);
- регулирующие и запорные органы, регуляторы прямого действия, индивидуальные расходомеры (объемные, скоростные и др.);
- исполнительные механизмы, сочлененные с клапанами, заслонками и др.

В части АТХ проекта изображаются и специфицируются:

- первичные приборы, устанавливаемые на закладных устройствах, которые предусматриваются в проекте ТХ,
- датчики расходомеров, газоанализаторов (диафрагмы, сопла, поточные датчики плотномеров, концентратомеров, расходомеров и т. п.);
- сигнализаторы и измерители уровня;
- вспомогательные приборы и устройства типа позиционеров, манометров, реостатов и т. п.

Распределение работ и границы между частями АТХ и ТХ должно соответствовать «Техническому циркуляру Главмонтажавтоматики» от 5 июля 1988 г за № 28-6-1/И 19
Распределение работ освещено в главе «Задания по смежным частям проекта».

1.4.5. Антикоррозионная защита

Антикоррозионная защита металлических конструкций, изделий для монтажа средств автоматизации (лотки, короба, кабельная продукция, коробки и др.), трубные и защитные проводки проектируются по СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».

Проектирование части АЗ проекта «Антикоррозионная защита конструкций зданий и сооружений», части АЗО «Антикоррозионная защита технологических аппаратов, газоходов и трубопроводов» выполняется специвдистами ТХ или иными специалистами по выбору Заказчика проекта

1.4.6. Организация службы эксплуатации средств автоматизации и вычислительной техники

Служба эксплуатации на объекте строительства должна обеспечивать нормальное функционирование технических средств. В ее состав включают подразделение эксплуатации, ремонта и поверки приборов и средств автоматизации. Как правило, для организации таких служб в составе ПСД на строительство объекта должен разрабатываться самостоятельный комплект рабочей документации цеха или лаборатории автоматизации (ЦЛАИВТ или цех КИП). Средства для поверки работоспособности приборов – образцовые приборы, эталоны, а также специальные средства обработки информации (например, планиметры) должны предусматриваться при разработке этой рабочей документации.

Однако могут быть и исключения:

– при проектировании технической реконструкции ТОО действующего предприятия, на котором уже действует служба КИП, то для эксплуатации вновь проектируемых СА необходимо дозаказать несколько образцовых или лабораторных приборов. В связи с этим в СО вводят специальный подраздел «Оборудование для эксплуатации приборов»;

– при проектировании программно-технических комплексов в СО включают сервисное оборудование, поставляемое в комплекте с ними;

– при наличии требований НД на проектирование некоторых специфичных объектов отдельные виды технических средств для них предусмотрены в рабочей документации АСУТП,

– для малых предприятий, когда по количеству технических средств АСУТП оказывается нецелесообразным создание специализированной службы их эксплуатации, следует при проектировании (в ТЭО, проекте) решить вопрос по их обслуживанию и ремонту.

Обслуживание и ремонт технических средств АСУТП можно организовать путем заключения договора/договоров на сервисное обслуживание и ремонт СА и ВТ специализированными фирмами.

1.5. АСУТП В ИНТЕГРИРОВАННОЙ АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ

1.5.1. Терминология в АСУ

Дискуссия об интеграции автоматизированных систем управления на предприятии, о путях создания единой интегрированной АСУ предприятия продолжится в течение многих лет.

Разработанный и введенный в 1989—1992 гг. «Комплекс стандартов на автоматизированные системы» требует при создании АСУ любого назначения (в том числе АСУТП) обращать внимание на возможность объединения разрабатываемой АСУ с интегрированной АСУ предприятия или его части

По ГОСТ 34 003-90 (пп. 1.1 и 1.2):

«автоматизирующая система; АС: Система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

Примечания:

1. В зависимости от вида деятельности выделяют, например, следующие виды АСУ: автоматизированные системы управления (АСУ), системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) и др.

2. В зависимости от вида управляемого объекта (процесса) АСУ делят, например, на АСУ технологическими процессами (АСУТП), АСУ предприятиями (АСУП) и т. д.

интегрированная автоматизированная система; ИАС: Совокупность двух или более взаимосвязанных АСУ, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других) так, что эту совокупность можно рассматривать как единую АСУ».

Руководящий материал по стандартизации РД 50-680-88 предлагает:

«5. При создании АСУ следует обращать внимание на:

1) интеграцию экономических и информационных процессов, технических, программных и организационно-методических средств;

2) развитие системного и программно-целевого подхода в планировании, автоматизации работы объекта, в процессах получения и обработки информации на объекте автоматизации;

3) углубление взаимодействия человека и вычислительной техники на основе диалоговых методов и средств, автоматизированных рабочих мест и интеллектуальных терминалов;

4) построение сетей ЭВМ на базе неоднородных вычислительных средств;

5) индустриализацию процессов создания АСУ, развитие САПР и тиражирование типовых элементов АСУ;

6) построение информационного фонда в виде распределенной по объектам и уровням иерархии автоматизированной базы данных;

7) минимизацию документооборота, замену его передачей текущей информации по каналам связи и представление ее на устройствах отображения;

8) максимальную автоматизацию формирования первичных исходных сведений;

9) создание гибких систем управления, способных адаптироваться к изменяющимся условиям производства».

1.5.2. Краткая историческая справка развития АСУ

Потенциальный экономический и организационный эффект интеграции привлекает внимание различных специалистов технологического предприятия и создателей систем управления предприятия

Такое внимание сопровождается развитием систем контроля и управления технологическими процессами и систем административно-хозяйственного обеспечения предприятия.

К сожалению, нам не известны печатные издания по истории развития систем контроля, систем автоматизации и автоматизированных систем в СССР, России и СНГ.

Несколько раз вкратце попытаемся охарактеризовать степени развития технологического контроля и систем автоматизации, с одной стороны, и автоматизацию функций управления предприятием, с другой стороны.

Развитие технологического контроля инициировано и неразрывно связано с ростом технологических объектов, их качественным и количественным развитием.

Измерение и управление неразрывно связаны с жизнью человека и имеют давнюю историю.

Измерение и управление производилось и производится до сих пор в некоторых случаях непосредственно человеком, его органами (расстояние до приближающегося транспортного средства, громкость радиоприемника, влажность выстиранного белья, вибрация стиральной машины, температура корпуса зарядного устройства радиотелефона и т. д. и т. п.)

Развитие технологических процессов в современном понимании вызвало к жизни появление контрольно-измерительных приборов: манометров, термометров, уровнемеров, сигнализаторов положений.

До начала Великой Отечественной войны 1941–45 гг. и в первые годы после нее основную массу операций по контролю и управлению технологическими аппаратами и устройствами осуществлял эксплуатационный персонал, который находился непосредственно вблизи этих аппаратов и установок или на незначительном расстоянии от них, ориентировался на показания небольшого числа индивидуальных приборов: ртутных термометров, пружинных манометров, механических счетчиков, поплавковых измерителей и сигнализаторов уровня, милливольтметров и логометров. Индивидуальные приборы устанавливались непосредственно на технологическом оборудовании либо на местных щитах контроля вблизи от оборудования.

Восстановление разрушенных войной промышленных предприятий, энергичное строительство новых производств, усложнение и интенсификация технологических процессов, повышение требований к качеству продукции, повышение образованности населения вызвали количественный и, главное, качественный рост средств контроля и управления технологическими процессами; созданные в довоенный и первый послевоенный период специализированные конструкторские, научно-исследовательские и проектные организации получили мощный импульс, вызванный «комплексной автоматизацией» производства. В этот период родилась, по существу, новая научно-техническая специальность — системотехника управления.

Увеличилось применение дистанционных средств ручного управления исполнительными механизмами, сигнализации и защиты, показывающие, записывающие и регистрирующие приборы сосредотачивались в специальных изолированных

помещениях — пунктах контроля и управления, и устанавливались на приборных щитах. Оператор процесса находился на пункте управления и по приборам осуществлял контроль технологического процесса и управления им со щита и пульта оператора.

Вместо приборов измерения давления, перепада давления, уровня и т. п. с местными показаниями, местной записью параметров на круговой диаграмме с использованием часового механизма были разработаны первичные преобразователи с дистанционной индукционной и дифференциальной схемой передачи электрического сигнала, отображающего измеряемую физическую величину.

Вторичные электронные приборы имели значительные размеры (ЭПД, ЭМД, ЭПИД), позднее их смену им пришли приборы типа ПС, МС и КС.

На среднем и крупном предприятиях щиты и пульты централизованного контроля и управления достигали длины в несколько метров и даже десятков метров. Оператору стало сложно контролировать работу вторичных приборов.

Кроме того, массу времени и рутинного труда занимала обработка записывающих диаграмм, чистка и проверка приборов, заливка чернил.

Настало время кардинально изменить принципы централизации, использовать новые технические средства контроля и управления.

Были разработаны и введены в эксплуатацию машины централизованного контроля: МАРС-300 (1958 г.), МАРС-200Р, ЭЛРУ, ЗЕНИТ, ЦИКЛ и др.

Для централизации контроля и управления протяженных, рассредоточенных или удаленных технологических объектов были разработаны системы телеизмерения и системы телемеханического контроля и управления.

Долгое время успешно эксплуатировалась система ТУ-ТС-ТИ релейного типа ВРТ-47.

На смену этой системе были разработаны системы ТМ-100, ТМ-300, «Радиус» и др.

В то же время для решения планово-экономических задач управлением предприятием вместо небезызвестных ручных счетов, арифмометров (типа «Феликс») созданы электронные клавишные машины и гамма перфорационной счетной техники (ленточные и карточные перфораторы, считыватели, вычислители и др.). На базе перфорационной техники при крупных предприятиях, в городских и районных центрах создавались машиносчетные станции.

Первые электронные вычислительные машины, которые пришли на смену перфорационной технике БЭСМ, «Урал», «Стрела», М-2, М-3 и другие размещались в помещениях большого размера, требовали значительного электропитания и кондиционирования помещений. Так, например, ЭВМ М-2 имая 1676 ламп, занимала 22 м³, ЭВМ «Стрела» имела около 8000 ламп, ЭВМ «Урал» — 700 ламп. Подготовка вводной информации требовала затрат значительного времени оператора ЭВМ.

Управляющие вычислительные машины (УВМ) первого поколения, предназначенные для применения в АСУ, т. е. имеющие строго фиксированную структуру (ЭВМ «Днепр», УМ-1, УМ-1НХ, «Комплекс» и др.), появились после 1960 г.

Более перспективной и многократно тиражированной была разработка встраиваемых средств вычислительной техники (АСВТ-1) и вычислительных устройств для локальных информационно-управляющих систем (КТС-ЛИУС). Процессор, специализированный М-6000, введен в эксплуатационную практику в 1972 г. На базе процессора М-6000 были сформированы комплекты М-2000 и М-3000 для АСУТП и комплект М-4000 для решения задач АСУ производства и предприятия.

Для решения задач локальных информационно-управляющих систем небольшого объема применялся комплекс КТС-ЛИУС технических средств электронной и пневматической ветвей

Средства АСВТ-Д и КТС-ЛИУС размещались в 1–4 напольных шкафах с отдельно стоящими запоминающими устройствами на магнитных дисках и лентах и печатающими устройствами АППУ

Размещение указанных средств требовало создания специальных помещений – машинных залов или информационно-вычислительных центров, обеспеченных необходимой климатикой и подводом многочисленных кабельных линий.

В середине 70-х годов интерфейсы 0/4–20 мА, 0–5 В, 0–10 В заменили индукционные и дифференциальные схемы электрической ветви ГСП (Государственной Системы Приборов) и практически полностью вытеснили пневмоавтоматику (пневматическую ветвь ГСП)

В 1986 г на базе интерфейса 4–20 мА разработан HART-протокол (Highway Addressable Remote Transducer) HART-протокол – одно из первых применений микроэлектронных компонентов в промышленных сетях и «интеллектуализации» первичных преобразователей.

Техника микроэлектроники совершила настоящую революцию во всех направлениях АСУ. Микроэлектроника резко изменила средства автоматизации полевого уровня, вызвала большой рост микроконтроллеров, создала условия для практического внедрения цифровых промышленных сетей передачи данных, информационных технологий, процессорной техники, технических средств отображения информации и др.

Современное состояние средств автоматизации и средств вычислительной техники применительно к их использованию в создаваемых АСУТП изложено в главах 19 и 20 «Выбор средств автоматизации» и «Выбор средств ВТ и SCADA систем».

1.5.3. Уровни управления предприятия

Уровни управления промышленного предприятия обычно подразделяют на: управление бизнес-процессов, управление производством, управление технологиями, что соответствует уровням стратегического, оперативного и технологического управления.

«Пирамида» управления представлена на рисунке 1.11.

Нижний уровень «Пирамиды» – уровень АСУТП (автоматизированной системы управления технологическим процессом) определяет контроль и управление отдельными технологическими процессами, установками и механизмами, взаимосвязь отдельных систем контроля и автоматизации между собой.

Краткая характеристика уровня приведена в таблице 1.13.

Общим средством объединения различных систем автоматизации служит стандартный интерфейс OPC (OLE for Process Control), при этом стандарт OLE – это «Object Linking and Embedding» (связывание и встраивание объектов)

Интерфейс OPC позволяет совмещать и взаимозаменять средства автоматизации разных производителей. Различные программные средства объединяются для решения общих задач при помощи объектных технологий COM/DCOM или CORBA. Эти технологии поддерживают ряд распространенных сетевых протоколов: TCP/IP, Net BIOS, UDP и др.

Для объединения систем и средств автоматизации используются стандартные сети. К ним относятся: на информационном уровне сеть «Ethernet» (Fast Ethernet), на промышленном уровне – Profibus, Modbus, Ethernet, а на полевом – Profibus, Foundation Fieldbus, ASI, HART.

Верхний уровень «Пирамиды» – уровень АСУТП (автоматизированной системы управления предприятием) определяет контроль и управление отдельными бизнес-процессами в службах предприятия – административной, финансовой, хозяйственной, а также взаимный обмен данными и документами между отдельными бизнес-процессами.

Краткая характеристика систем верхнего уровня приведена в таблице 1.Т4.

Программы для различных сфер деятельности административно-хозяйственных подразделений предприятия, как правило, автономны и мало связаны между собой.

Для связи отдельных бизнес-процессов между собой внедряются ERP-системы (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия).

В России (а ранее в СССР) АСУТП и АСУП разрабатывались на основании различных нормативно-технических документов (в СССР имели различные источники финансирования – ПИР – проектно-изыскательские работы и НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы), что не могло не отразиться на определенной нестыковке этих систем, недостаточности их взаимодействия друг с другом и т. п.

Объединить АСУТП и АСУП предназначена система MES (Manufacturing Execution Systems – система управления производством), которая относится к среднему уровню управления.

MES должна позволить наблюдать и отслеживать в реальном времени незавершенное производство, материально-технические запасы, использование оборудования, простой и т. д.

MES должна позволить моделировать технологические и производственные процессы, контролировать исполнение заказов на продукцию и др.

MES должна позволить создать на предприятии интегрированную систему управления.

По мнению профессора, доктора технических наук Э. Л. Ицковича («Промышленные АСУ и контроллеры», 5/2004):

«...существующее состояние с интегрирующей систем автоматизации на предприятиях России можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Практически можно отметить отсутствие законченных интегрированных АСУ на предприятиях всех отраслей независимо от характера и объема производства. Большинство предприятий имеет в достаточной степени разрозненную автоматизацию производства, реализованную разными, в основном, на стыкующимися друг с другом средствами, в значительной части достаточно морально (и даже физически) устаревшими. Автоматизация бизнес-процессов на предприятиях отсутствует в большинстве организационно-хозяйственных подразделений, а работающие системы автоматизации в отдельных подразделениях (например, бухгалтерия, кадры, сбыт) разнородны и не связаны друг с другом».

На отдельных предприятиях сейчас начинают появляться системы автоматизации, охватывающие все (или почти все) производство с двумя иерархическими уровнями управления: отдельными агрегатами и производством в целом (общей диспетчерской), но остаются не охваченными автоматизацией бизнес-процессы, и отсутству-

ет оперативная информационная связь между производством и организационными подразделениями предприятия.

На ряде предприятий сейчас внедряются ERP-системы, которые, по идее, после завершения процесса внедрения должны охватывать автоматизацией большинство бизнес-процессов, но полный оперативный автоматический контроль и учет всех материальных и энергетических потоков по всем подразделениям, снабжающий исходными данными задачи управления бизнес-процессами, отсутствует.

На большинстве предприятий наименее автоматизированными могут считаться:

- контроль и учет качества и количества входных, всех межсчетов (промежуточных) и выходных материальных и энергетических потоков;
- оперативная взаимосвязь между системами управления производством и бизнес-процессами».

1.5.4. Уровни АСУТП

АСУТП, составляющая компонент АС предприятия, в свою очередь подразделяется на 4 уровня:

- уровень технологического процесса (полевой уровень);
- уровень контроля и управления технологическим процессом (контроллерный уровень),
- уровень магистральной сети (сетевой уровень),
- уровень человекомашинного интерфейса

1.5.5. Термины полевого уровня

Полевой уровень формирует иерархичную информацию, которая обеспечивает работу всей АСУТП, на этот уровень адресно поступают и реализуются управляющие воздействия АСУТП

Оборудование полевого уровня составляют первичные преобразователи (датчики), исполнительные органы и механизмы.

Приведем определения некоторых терминов, характерных для оборудования полевого уровня; термины и определения приведены по РМГ 29-99

Первичный измерительный преобразователь;

первичный преобразователь.

Измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина, т. е. первый преобразователь в измерительной цепи измерительного прибора (установки, системы).

Датчик.

Конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы, «дает» информацию.

Примечания.

1. Датчик может быть вынесен на значительное расстояние от средства измерения, принимающего его сигналы.

2. В области измерений ионизирующих излучений применяют термин *детектор*

Попытка. Датчики залушенного метеорологического радиозонда передают измерительную информацию о температуре, давлении, влажности и других параметрах атмосферы.

Измерительный преобразователь:**ИП**

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 измерений

2 По характеру преобразования различают *аналоговые, цифровые, 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 Электронно-механический преобразователь.

Физическая величина;**величина.**

Одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Примечание. В «Международном словаре основных и общих терминов метрологии» (VIM-93) применено понятие *величина (измеримая)*, раскрываемое как «характерный признак (атрибут) явления, тела или вещества, которое может выделяться качественно и определяться количественно».

Измеряемая физическая величина;**измеряемая величина.**

Физическая величина, подлежащая измерению, измеряемая или измеренная в соответствии с основной целью измерительной задачи

Измерительный сигнал.

Сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине

Измерительная информация.**Информация о значениях физических величин**

Ниже приведены термины и определения по ГОСТ 14691-69

Исполнительное устройство — устройство системы автоматического (дистанционного) управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной сигнализацией

Примечание. Устройство состоит из двух функциональных блоков исполнительного механизма и исполнительного органа и может снабжаться дополнительными блоками.

Исполнительный механизм — механизм, являющийся функциональным блоком, предназначенным для управления исполнительным органом в соответствии с командной информацией.

Примечание. В системах автоматического регулирования сред него исполнительный механизм предназначен для перемещения затвора регулирующего органа

Исполнительный орган – орган, воздействующий на технологический процесс путем изменения пропускной способности

Примечание Изменение пропускной способности производится в диапазоне от 100% до 0%.

Как видно из приведенных определений, оборудование – средство автоматизации полевого уровня непосредственно связано с физическими параметрами технологического процесса и выбирается в соответствии с этими параметрами

1.5.6. Уровень контроля и управления процессом

Уровень контроля и управления процессом выполняет функции сбора и первичной обработки дискретных и аналоговых сигналов, выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Оборудование среднего уровня составляют программируемые контроллеры, устройства связи с объектом (УСО), шкафы кроссовые и шкафы с контроллерами и вспомогательными средствами автоматизации и вычислительной техники (защита от перенапряжений, от электромагнитных помех, барьеры искробезопасности, источники электропитания, в том числе бесперебойного, промежуточные реле, зажимы для подключения устройств полевого уровня и т. п.).

Оборудование среднего уровня обеспечивает необходимое гальваническое групповое или индивидуальное разделение входных/выходных сигналов, аналого-цифровое, цифроаналоговое преобразование.

Контроллеры функционируют в соответствии с алгоритмами реализации защит и блокировок, автоматического регулирования и программно-логического управления, команд оператора верхнего уровня

В некоторых случаях на среднем уровне устанавливаются станции управления с операторскими панелями управления, которые позволяют обслуживающему персоналу контролировать и вести технологический процесс в непосредственной близости от управляемого объекта в предусмотренных технологическим регламентом обстоятельствах или при неисправности устройств верхнего уровня АСУТП

1.5.7. Уровень магистральной сети

Уровень магистральной сети является связующим звеном между контроллерами и станциями оператора. Основой этого уровня АСУТП можно считать цифровую промышленную сеть, состоящую из многих узлов, обмен информацией между которыми производится цифровым способом

Стандартной промышленной сети в настоящее время не существует. Разработанные промышленные сети поддерживают, как правило, 1, 2 и 7 уровни OSI-модели (описательная модель взаимосвязи открытых систем) – таблица 1.75.

1 уровень модели ISO/OSI – физический уровень обеспечивает необходимые функциональные, механические, электрические характеристики для установления, поддержания и разъединения физического соединения между объектами промышленной сети

2 уровень модели – канальный уровень обеспечивает гарантированную передачу информации (данных) между устройствами сети; управляет механизмами защиты и восстановления данных в случае ошибок при передаче.

7 уровень модели — прикладной уровень обеспечивает непосредственную поддержку прикладных процессов и программ конечного пользователя и управление взаимодействием этих программ с различными объектами промышленной сети («объект», «оператор», «архив»).

Наиболее распространенные промышленные сети, которыми оснащаются программно-технические комплексы АСУТП: Modbus, Vbibus, Interbus/CAN, Profibus, HART, Device Net, ASI, FIP и др.

Для связи контроллеров и рабочих станций операторов в качестве промышленной сети в последнее время предлагается использовать сеть Industrial Ethernet. Ранее сеть Ethernet использовалась для сетей верхнего уровня АСУТП и связи его с АСУП.

1.5.6. Уровень человекомашинного интерфейса

Уровень человекомашинного интерфейса обеспечивает трудовую деятельность человека-оператора АСУТП в системе «человек-машина» (СЧМ), в иностранной интерпретации «HMI-Human Machine-Interface» или «MMI-Man-Machine-Interface».

По ГОСТ 26387-84:

«система "человек-машина" — система, включающая в себя человека-оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, и среду на рабочем месте».

«Человек-оператор СЧМ — человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с объектом воздействия, машиной и средой на рабочем месте при использовании информационной модели и органов управления»

На этом уровне взаимодействие оператора с технологическим процессом осуществляется через человекомашинный интерфейс, который реализуется в программных пакетах.

Несколько лет назад программное обеспечение человекомашинного интерфейса разрабатывалось силами конкретного Заказчика с привлечением специализированных фирм. Разработка ПО АСУТП силами Заказчика занимала значительное время, не гарантировала ввода АСУТП на предприятии без риска из-за возможных ошибок в ПО; сопровождение внедренного ПО собственной разработки требовало постоянного участия высококвалифицированного персонала программистов, знакомого с разработанным ПО.

В настоящее время существует большой рынок готового ПО для решения задач СЧМ.

Это рынок SCADA-систем диспетчерского управления и сбора данных (Supervisory Control And Data Acquisition). Сегодня вопрос стоит иначе, чем несколько лет назад: какую SCADA-систему выбрать для АСУТП, которую создадут для пользователя-Заказчика. Современные SCADA-системы — качественные и проверенные на практике системы, имеющие фирменное сопровождение.

При выборе SCADA-системы помимо других характеристик системы следует обратить внимание на возможность интеграции данной SCADA-системы в корпоративную информационную сеть предприятия, осуществление связи с системами MES, ERP, CRM, в частности с PI System, Орбита или Plaut 2 Business и др.

Наиболее распространенные в России SCADA-системы: In Touch, Genesis 32, Trace Mode, iFIX, Win CC, master SCADA, Genie, КРУТ-2000 и др.

1.5.9. О терминологии по уровням АСУТП

В отечественной литературе приводятся различные структурные уровни систем управления и программных продуктов. Бытуют уровни — нижний, средний и верхний; нулевой, первый, второй, третий, иногда четвертый. В составе управлений также имеются разночтения: датчики, исполнительные механизмы и контроллеры иногда объединяют в один уровень, но чаще контроллеры выделяют в отдельный уровень; сетевой уровень распределяется между полевым уровнем, контроллерным уровнем и уровнем человеко-машинного интерфейса; все 4 уровня (перечисленные в методическом пособии) объединяются в один уровень — АСУТП, вторым (верхним) уровнем называют АСУ; программные продукты иногда вообще не учитывают полевого уровня.

Полагаем, что принятая в методическом пособии терминология, учитывающая функциональные особенности уровней АСУТП, исключает путаницу в числовых и «высотных» (нижний, верхний) обозначениях и более четко определяет место конкретного уровня в общей структуре системы.

1.6. НАДЕЖНОСТЬ АСУТП

1.6.1. Основные термины по надежности АСУТП

Автоматизированная система управления технологическим процессом АСУТП — обслуживаемая и восстанавливаемая система длительного использования, которая реализует сложные алгоритмы контроля и управления.

Качество АСУТП характеризуется, в том числе, уровнем надежности ее функционирования.

По ГОСТ 24.701–86 (приложение 1):

«Надежность АСУТП — свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации.

Надежность АСУТП включает свойства безотказности, ремонтпригодности, а в некоторых случаях, и долговечности.

Функциональная подсистема АСУ (ФП АСУ) — подсистема АСУ, выделенная по функциональному признаку и представляющая собой совокупность элементов АСУ (технических, программных, эргатических), участвующих в выполнении некоторой функции системы (**эргатические элементы** — действия лиц, входящих в состав персонала АСУ — оперативного и эксплуатационного персонала).

Отказ АСУТП в выполнении функции — событие, заключающееся в нарушении хотя бы одного из требований к качеству выполнения данной функции, установленных в нормативно-технической и/или конструкторской документации на систему».

При анализе надежности АСУТП следует определить критерий отказа.

«Критерий отказа (ГОСТ 24.701–86) — признак или совокупность признаков, установленных в НТД и/или конструкторской документации и позволяющих определить наличие отказа в выполнении некоторой функции АСУТП».

Отказы различаются по ряду признаков:

А. Возникновение отказа:

- внезапное (резкое, часто мгновенное изменение характеристик объекта);
- постепенное (медленное, нарастающее во времени ухудшение характеристик и качества объекта).

Б. Связь с другими отказами:

- первичные, или независимые от действия другого отказа;
- вторичные, или зависящие от возникновения другого отказа.

В. Обнаружение отказа (проявление типа «обрыв» или «замыкание»):

- очевидный, или явный;
- скрытый, или не явный.

Г. Проявление отказа:

- окончательное, или устойчивое;
- перемежающееся, или стохастически возникающее и исчезающее.

1.6.2. Показатели надежности АСУТП

При проектировании АСУТП проводят проектную, априорную, аналитическую оценку надежности.

Необходимость определения и требования к надежности АСУТП устанавливают и вносят в «Техническое задание на создание АСУТП» (ТЗ) по согласованию между разработчиком и заказчиком АСУТП (пп. 3.4 и 3.5 ГОСТ 24.701–86).

Требования к надежности АСУТП определяют в основном путем сопоставления:

- а) потерь, связанных с отказами АСУТП в выполнении функций и возникновением аварийных ситуаций, и б) затрат, связанных с обеспечением и повышением надежности АСУТП (включая удорожание обслуживания) – п. 3.3.2 ГОСТ

Аварийная ситуация в АСУ – некоторое исключительное состояние системы, представляющее собой определенное сочетание отказов и (или) ошибок функционирования ее элементов (технических, программных, эргатических) и способное привести к нарушениям функционирования объекта управления (либо АК в целом), сопряженным с особо значительными техническими, экономическими или социальными потерями (т. е. к авариям).

Примечание. Аварийные ситуации в системе могут возникать в нормальных условиях ее функционирования и в результате воздействия на систему некоторого внешнего экстремального фактора (отключение питания, авария соседнего объекта управления либо АК, стихийное бедствие и пр.).

Порядок установления требований к надежности АСУТП определяется разделом 3 ГОСТ 24.701–86. Общий порядок оценки надежности АСУТП должен соответствовать разделу 4 ГОСТ.

Показатели надежности, включаемые в ТЗ на создание АСУТП, определяются по разделу 2 ГОСТ 24.701–86.

Режимы использования системы, характер ее функционирования определяют критерий отказа, виды показателей надежности, которые наиболее полно и естественно отражают всю совокупность свойств надежности данной системы или отдельной ее функции.

К показателям надежности предъявляется ряд требований.

1. Общее число показателей надежности, характеризующих систему, должно быть небольшим.

Особенность показателей надежности заключается в принципиальной невозможности их прямого измерения. Для получения численных значений показателей надежности необходима исходная информация, получаемая методами измерений и наблюдений. Значения показателей надежности получают путем математической обработки исходных данных.

При помощи показателей надежности ее прогнозируют и оценивают для отдельных систем. Прогнозирование и оценивание надежности представляют собой ее расчет, под которым понимают определение числовых значений соответствующих показателей. Прогнозирование надежности заключается в определении значений ее показателей для системы в целом или составной функции, исходя из сведений о значениях показателей надежности ее элементов.

2. Показатель надежности должен быть простым в физическом смысле и естественным с точки зрения оценки выполняемых системой функций.

3. Показатель надежности должен быть измеримый, т. е. должна иметься возможность задавать его в количественном виде. Именно это позволяет априорно оценивать этот показатель, используя аналитический метод, а также выработать обоснованные рекомендации по рациональному повышению показателей надежности путем изменения структуры системы, принципов ее функционирования и технического обслуживания.

4. Показатель надежности должен допускать возможность экспериментальной (опытной) проверки во время специально проводимых испытаний или во время реальной эксплуатации.

Показатели надежности, характеризующие безотказность и ремонтпригодность системы, приведены в таблице 1.Т6.

Выбор вариантов 1 + 8 показателей надежности АСУТП зависит от ее функционального значения и принципов ее использования

1.6.3. Надежность технического обеспечения

Для выбора показателей надежности технических средств АСУТП приводим классификацию систем по признакам, определяющим этот выбор — таблица 1.Т6.

Классификацию систем и выбор показателей надежности проводят на стадии согласования ТЗ на создание АСУТП и включают в ТЗ.

Рекомендуется в ТЗ определить исполнителя расчета показателей и уровня надежности создаваемой АСУТП

Подробно об аналитической оценке показателей надежности при проектировании систем автоматизации технологических процессов изложено в одноименной работе ГПКИ «Проектмонтажавтоматиза» РМ 4-227-89.

1.6.4. Надежность программного обеспечения

Надежность программного обеспечения ПО АСУТП в настоящее время играет значительную, если не преобладающую роль в общей оценке надежности АСУТП.

Надежность ПО не является свойством, которое определяется самой программой, надежность ПО во многом зависит от методов и условий использования программы.

Показатели надежности ПО определяются в ТЗ на создание системы и представляются как показатели вероятности отказа и изменение интенсивности отказов по мере устранения ошибок при разработке ПО, его тестировании, опытной эксплуатации и вводе в промышленную эксплуатацию.

Факторы, которые определяют надежность ПО, подразделяются на 3 группы (схема 1 Сх1)

- общие факторы;
- факторы, связанные с разработкой и/или привлечкой ПО;
- эксплуатационные факторы.

Факторы, влияющие на надежность ПО АСУТП, распределяются на менеджмент проекта, на техническое, информационное, алгоритмическое и программное обеспечение, на эксплуатационную документацию, на персонал разработчиков АСУТП и на эксплуатационный персонал.

Надежность АСУТП определяется показателями надежности составных функций системы и системы в целом.

Показатели надежности функциональной подсистемы (управление, контроль, аварийная сигнализация, архивация и др.) определяются суммированием показателей надежности каналов получения, преобразования, передачи, использования, представления информации.

При современном развитии АСУТП следует учитывать разбиение АСУТП на уровни (пользов, контроллерный, сетевой, ЧМИ). Для каждого из уровней возможно определение показателей надежности программно-технических средств уровня.

На поленом уровне большее значение имеют показатели надежности технических средств

На контроллерном уровне возрастает роль программной надежности.

На сетевом уровне и уровне человеко-машинного интерфейса первостепенное значение приобретает надежность программного обеспечения.

Безусловно, на всех уровнях АСУТП надежность, обеспечивается неразрывным комплексом показателей надежности технических и программных средств.

Оценка надежности программного обеспечения ПО исходит из того положения, что ПО может иметь ошибки, которые:

- оставляют возможность правильного использования системы, а ошибка легко обнаруживается и устраняется пользователем программ;
- встречаются редко и не вызывают влияния на конечные результаты работы системы.

Оценка надежности ПО производится на этапе отладки ПО, во время проведения которого получают статистические данные. На основе этих данных рассчитываются количественные оценки надежности. Оценки сравниваются с требуемыми показателями надежности и выявляются отклонения полученных данных от планируемых.

Количественные оценки определяют среднее время появления ошибок (сбоев), функцию надежности ПО АСУТП и устанавливают число прогонов программы, которые необходимо осуществить для того, чтобы устранить ошибки и достичь заданных функций надежности и времени появления сбоя в программе (наработка на отказ).

Методов получения количественных оценок надежности существует несколько:

- математические методы теории надежности аппаратуры с вероятностью распределения ошибок,

- модель переходных вероятностей Маркова (для большой системы ПО),
- модель с рассеиванием в испытываемую программу некоторого числа известных ошибок;
- модель с проведением тестирования одной программы независимыми группами специалистов;
- модель для совершенствующихся систем, с учетом постепенного повышения надежности испытываемой программы;
- модель с использованием метода наибольшего правдоподобия (для современных надежных аппаратных и программных средств).

Отметим, что все перечисленные методы количественной оценки надежности используют солидный математический аппарат, освоение которого бывает затруднительно для инженерного состава фирмы — разработчика/проектировщика АСУТП.

В то же время функционируют фирмы, имеющие соответствующие сертификаты и опыт в проведении количественных оценок надежности, которые можно привлечь к проектированию АСУТП на подрядных условиях.

1.7. АСУТП И МЕТРОЛОГИЯ

АСУТП в числе выполнения прочих функций решает измерительные задачи с помощью автоматических средств измерений.

По РМГ 29—99 «ГСОЕИ Метрология. Основные термины и определения»:

«5.18 измерительная задача»:

Задача, заключающаяся в определении значения физической величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений;

«6.2. средство измерений»:

СИ

Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Примечание Приведенное определение вскрывает суть средства измерений, заключающуюся, во-первых, в «умении» хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, в неизменности размера хранимой единицы. Эти важнейшие факторы обуславливают возможность выполнения измерения (сопоставление с единицей), т. е. «делают» техническое средство средством измерений. Если размер единицы в процессе измерений изменяется более, чем установлено нормами, таким средством нельзя получить результат с требуемой точностью. Это означает, измерять можно лишь тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить единицу, достаточно неизменную по размеру (во времени).

«6.6 стандартизованное средство измерений»:

Средство измерений, изготовленное и применяемое в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта.

Примечание. Обычно стандартизованные средства измерений используют испытанием в Госстресте.

6.6 автоматическое средство измерений;

Средство измерений, производящее без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала.

6.14 измерительная система;**ИС**

Совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т. п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

6.24 измерительная цепь/канал;

Совокупность элементов средств измерений, образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода.

Примечание. Измерительную цепь измерительной системы называют измерительным каналом

6.26 индикатор;**Detector**

Техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения

Пример. Индикатором наличия (или отсутствия) измерительного сигнала может служить осциллограф. Индикатор близости к нулю сигнала называют нулевым или нулевым индикатором. При химических реакциях в качестве индикатора применяют лакмусовую бумагу и какие-либо вещества. В области измерений ионизирующих излучений индикатор часто дает световой и (или) звуковой сигнал о превышении уровня радиации его порогового значения

6.42 метрологическая характеристика средства измерений;**метрологическая характеристика***Примечания.*

1. Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики.

2. Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называют **нормируемыми метрологическими характеристиками**, а определяемые экспериментально – **действительными метрологическими характеристиками**.

10.1 погрешность средства измерений

Разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Примечания:

1. Для меры показанием является ее номинальное значение.

2. Поскольку истинное значение физической величины неизвестно, то на практике пользуются ее действительным значением.

3. Приведенное определение понятия «погрешность средства измерений» соответствует определению, данному VIM-93 [1], и не противоречит формулировкам, принятым в отечественной метрологической литературе. Однако признать его удовлетворительным нельзя, так как, по сути, оно не отличается от определения понятия «погрешность измерений», поэтому необходима дальнейшая работа по усовершенствованию определения этого понятия

10.14 точность средства измерений;

точность

Характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.

Примечание. Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений.

10.15 класс точности средств измерений;

класс точности

Обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность

10.17 нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений;

нормируемые метрологические характеристики;

НМХ

Совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

10.18 точностные характеристики средства измерений

точностные характеристики

Совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на погрешность измерения.

Примечание. К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, порог чувствительности, дрейф нуля и др.»

Метрологическое обеспечение АСУТП – комплекс технических средств, правил и норм, направленных на достижение единства, требуемой точности измерений и повышение достоверности контроля параметров.

П 7.6.3.6 ГОСТ 34.602–89 «ИТКСАС. Техническое задание на создание автоматизированной системы» определяет требования к метрологическому обеспечению МО АСУТП:

«1) к предварительному перечню измерительных каналов;

2) требования к точности измерений параметров и/или к метрологическим характеристикам измерительных каналов;

3) требования к метрологической совместимости технических средств системы;

4) к перечню управляющих и вычислительных каналов системы, для которых необходимо оценивать точностные характеристики;

5) требования к метрологическому обеспечению технических и программных средств, входящих в состав измерительных каналов системы, средств встроенного контроля, метрологической пригодности измерительных каналов средств измерений, используемых при наладке и испытании системы;

6) к виду метрологической аттестации (государственная или ведомственная) с указанием порядка ее выполнения и организаций, проводящих аттестацию»

Проектные стадии создания АСУТП (проект, утверждаемая часть рабочего проекта, рабочая документация) содержат ряд операций по реализации требований к метрологическому обеспечению системы

К таким операциям относятся:

– программно-технические решения в части выполнения требований ТЗ по МО;

- определение возможности контроля всех необходимых параметров системы;
- создание соответствия условий применения СИ их техническим условиям;
- обоснование выбранного варианта построения системы измерения и контроля;
- определение уровня унификации СИ,
- обеспечение соответствия обозначения единиц физических величин и терминов требованиям стандартов;
- определение погрешности СИ и аппаратуры;
- определение погрешности измерительных каналов (или их частей);
- создание перечня СИ, не соответствующих допустимым погрешностям измерения параметров либо срокам гарантии на систему, оговоренным в ТЗ;
- обоснование целесообразности перевода ряда СИ в разряд индикаторных,
- указание на способ проверки работоспособности индикаторов, поверки СИ, тестирования системы измерения и контроля

На стадии разработки эксплуатационной документации (ЭД) подготавливаются материалы и данные для обеспечения объема, содержания и форм ГОСТ 2.601–95:

- техническое описание (ТО);
- инструкция по эксплуатации (ИЭ);
- инструкция по регламенту (обслуживанию) (ИО);
- инструкция по использованию ЗИП (ДИЗ),
- ведомость ЗИП (ЗИ),
- формуляр на систему (ФО);
- инструкция по транспортированию (ДИТ).

В зависимости от специфики систем отдельные документы могут не разрабатываться.

Разработчик АСУТП обязан отобрать и согласовать с Заказчиком параметры ТОУ, для которых средства измерения, измерительные и управляющие каналы требуют повышенной точности, в первую очередь коммерческие измерения, с целью минимизации этих средств и каналов.

Нежелательно использование высокоточных средств для измерения параметров, не требующих большой точности измерения.

Если не требуется получение количественного значения измеряемой величины, то применяют индикаторы более низкого класса точности.

Такое техническое решение:

- уменьшает объем проектных работ по метрологическому обеспечению;
- увеличивает поступившую продукцию;
- уменьшает расходы на метрологическую экспертизу документации и объекта управления;
- уменьшает расходы на обязательную государственную поверку средств автоматизации;
- уменьшает эксплуатационные расходы, связанные с метрологическим обеспечением АСУТП.

Приводим выдержки из РМГ 29–99, касающиеся метрологического обеспечения АСУТП

- «13.5 государственная метрологическая служба;
- ГМС

Метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений в стране на межрегиональном и межотраслевом уровне и осуществляющая государственный метрологический контроль и надзор.

Примечание. Государственная метрологическая служба находится в ведении Госстандарта страны и включает:

- государственные научные метрологические центры (ГНМЦ);
- органы государственной метрологической службы на территориях субъектов страны

13.6 метрологическая служба государственного органа управления

Метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений и осуществляющая метрологический надзор и контроль в пределах данного министерства (ведомства).

Примечание. Ранее применялся термин **ведомственная метрологическая служба (ВМС)**

13.7 метрологическая служба юридического лица

Метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений и осуществляющая метрологический контроль и надзор на данном предприятии (в организации).

Примечание. Ранее применялся термин **метрологическая служба предприятия (организации) (МСП)**

13.15 поверка средств измерений:

поверка

Установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организовавшей) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям

Примечание:

1. Поверку исходных эталонов органов государственной метрологической службы и уникальных средств измерений (которые не могут быть поверены этими органами) осуществляет ГНМЦ (по специализации).

2. Поверке подвергают средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору.

3. При поверке используют эталон. Поверку проводят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами по поверке. Поверку проводят специально обученные специалисты, аттестованные в качестве поверителей органами Государственной метрологической службы.

13.23 калибровка средств измерений:

калибровка

Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерения.

Примечание:

1. Калибровке могут подвергаться средства измерений, не подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору.

2. Результаты калибровки позволяют определить действительные значения измеряемых величины, показываемые средством измерений, или поправки к его показаниям, или оценить погрешность этих средств. При калибровке могут быть определены и другие метрологические характеристики.

3. Результаты калибровки средства измерений удостоверяются **калибровочным знаком**, нанесенным на средства измерений, или **сертификатом о калибровке** а также записью в эксплуатационных документах. Сертификат о калибровке представляет собой документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

4. Результаты поверки средства измерений, признанных годными к применению, оформляют выдачей **свидетельств о поверке** или **списком поверительного клейма** или иными способами, установленными нормативными документами по поверке.

5. Другими официально уполномоченными органами, которым может быть предоставлено право проведения поверки, являются аккредитованные метрологические службы юридических лиц. Аккредитация на право поверки средств измерений проводится уполномоченным на то государственным органом управления.

13.25 метрологическая экспертиза:

МЭ

Анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических требований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством и точностью измерений.

Примечание. Различают метрологическую экспертизу документальную (технических заданий, проектов конструкторских и технологических документов, различных программ) и метрологическую экспертизу объектов (например, комплексов сложных средств измерений, испытательных бассейнов).

Ниже приводим перечень основных метрологических требований к АСУТП, поясняющих требования п. 2.6.3.6 ГОСТ 34 602-89:

1. Сведения о контролируемых параметрах:

- наименование и условные обозначения параметров;
- значения параметров с допускаемыми отклонениями;
- допускаемая погрешность измерения параметров;
- условия эксплуатации и значения влияющих величин.

2. Сведения по условиям эксплуатации, влияющим на точность средств измерения:

- температура и влажность окружающей среды;
- питающее напряжение с отклонениями по величине и частоте;
- механические воздействия (вибрация, удары);
- биовредители, пыль, влага;
- электромагнитные, свето- и акустические помехи, продолжительность эксплуатации

3. Сведения о средствах измерений:

- наименование;
- тип;
- пределы измерений;
- класс точности;
- дополнительные погрешности;
- пена деления (при необходимости);
- обозначение ТУ и ТО, инструкций по эксплуатации, обозначение стандарта.

4. Технические характеристики СИ АСУТП.

- конструктивное исполнение – в соответствии требованиям к конструкции системы в целом;
- показатели надежности – в соответствии общим требованиям к надежности;
- однотипные СИ должны быть взаимозаменяемы и максимально унифицированы;
- СИ должны быть, как правило, отрадуированы в нормируемых единицах измеряемого параметра;
- верхний и нижний пределы измеряемого параметра должны находиться в пределах диапазона измерений рабочей части шкалы;
- требую мал точность измерений параметров должна достигаться СИ максимально допустимой точности.

5. Меры безопасности должны обеспечивать безопасность работ при выполнении измерений физических величин (высоких температур, давлений, напряжений, СВЧ и др.), имеющих значения, опасные для жизни и здоровья обслуживающего персонала.

1.8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Автоматизированная система управления технологическим процессом АСУТП является составной частью производственного/технологического объекта и компонентом автоматизированной системы предприятия.

2. Создание и внедрение АСУТП на предприятии по существу является исторической неизбежностью, обусловленной ходом развития технологии производства и развитием приборостроения, микроэлектроники, вычислительной техники и информационных технологий.

3. В большинстве случаев АСУТП создается проектным путем, путем системной интеграции отдельных программных и аппаратных составляющих в единую законченную систему.

4. АСУТП должна представлять единое концептуальное целое, определяемое основным ответственным разработчиком/проектировщиком или системным интегратором системы, согласованное с Заказчиком системы.

5. АСУТП должна проектироваться с учетом опыта разработки подобных систем с обязательным объектно-ориентированным анализом конкретного технологического объекта управления в свете новейших системотехнических решений в методах управления, особенно управления безопасностью и противоаварийных защит.

6. АСУТП должна учитывать требования соответствующих надзорных органов по выполнению промышленной безопасности объекта управления.

7. Проект АСУТП должен, как правило, учитывать полный жизненный цикл разрабатываемой АСУТП.

8. Эксклюзивное АСУТП можно проектировать или конструировать как изделие, требующее соответствующего лицензирования, или сертификации отдельных сконструированных аппаратных средств и разработанных контроллерных протоколов, – систем и т. п. В этом случае изделие или его часть должны выполняться по требованиям «Системы разработки и поставки продукции на производство» ГОСТ 15.001–88 (1997), ГОСТ 15.101–98, ГОСТ Р 15.000–94 и др.

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

ГОСТ Р 15.000-94	СРППП Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.
ГОСТ 2.601-95	Эксплуатационные документы.
ГОСТ 15.001-88 (1997)	СРППП Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения
ГОСТ 15.101-98	СРППП Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.
ГОСТ 19.102-77	ЕСПД Программная документация. Стадии создания.
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 24.104-85	ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
ГОСТ 24.701-86	ЕССАСУ. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения.
ГОСТ 34.003-90	ИТ КСАС. Автоматизированные системы. Термины и определения.
ГОСТ 34.201-89	ИТ КСАС. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
ГОСТ 34.601-90	ИТ КСАС. Автоматизированные системы. Стадии создания.
ГОСТ 34.602-89	ИТ КСАС. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
ГОСТ 14691-69	Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. Термины.
ГОСТ 26387-84	ЕССАСУ. Система «человек-машина» Термины и определения.
СНиП 2.03.11-85	Защита строительных конструкций от коррозии.
СНиП 11-01-95	Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
РД 50-34.698-90	Методические указания. Автоматизированные системы, требования к содержанию документов.
РД 50-680-88	Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения.
РМ 4-227-89	Аналитическая оценка показателей надежности при проектировании систем автоматизации технологических процессов на основе элементарного анализа.
РМГ 29-99	ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения.
ПУЭ	Правила устройства электроустановок.

Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями).

1.10. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ГЛАВЕ

Журнал «Промышленные АСУ и контроллеры», 5/2004.

1.11. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Аварийная ситуация в АСУ.....	1.6.2
Авария.....	1.2.1
Автоматизированная система.....	1.5.1
Автоматическое средство измерений.....	1.7
Аккредитация на право поверки средств измерений.....	1.7
Ведомственный метрологическая служба (ВМС).....	1.7
Государственная метрологическая служба.....	1.7
Датчик.....	1.5.5
Действительная метрологическая характеристика.....	1.7
Измерительная задача.....	1.7
Измерительная информация.....	1.5.5
Измерительная система.....	1.7
Измерительная цепь/канал.....	1.7
Измерительный преобразователь.....	1.5.5
Измерительный сигнал.....	1.5.5
Измеряемая физическая величина.....	1.5.5
Индикатор.....	1.7
Интегрированная автоматизированная система.....	1.5.1
Исполнительное устройство.....	1.5.5
Исполнительный механизм.....	1.5.5
Исполнительный орган.....	1.5.5
Класс точности средств измерений.....	1.7
Калибровка средств измерений.....	1.7
Калибровочный знак.....	1.7
Категории I–III.....	1.2.1
Класс точности средств измерений.....	1.7
Критерии отказа.....	1.3.1
Метрологическая служба государственного органа управления.....	1.7
Метрологическая служба юридического лица.....	1.7
Метрологическая служба предприятия (организации) (МСП).....	1.7
Метрологическая характеристика средства измерений.....	1.7
Метрологическая экспертиза.....	1.7
Метрологическая экспертиза документации.....	1.7
Метрологическая экспертиза объектов.....	1.7
Метрологическое обеспечение.....	1.7
Надежность АСУТП.....	1.6.1
Нормируемые метрологические характеристики.....	1.7

Нормируемые метрологические характеристики типа средств измерений.....	1.7
Особая группа.....	1.3.1
Первичный измерительный преобразователь.....	1.5.5
Поверительное клеймо.....	1.7
Поверка средств измерений.....	1.7
Погрешность средства измерений.....	1.7
Полевой уровень.....	1.5.5
Потребитель электрической энергии.....	1.3
Приемник электрической энергии (электроприемником).....	1.3
Промышленная безопасность.....	1.3.2
Свидетельство о поверке.....	1.7
Сертификат о калибровке.....	1.7
Средство измерений.....	1.7
Стандартизованное средство измерений.....	1.7
Строительство.....	1.1
Точностные характеристики типа средства измерений.....	1.7
Точность средства измерений.....	1.7
Уровень магистральной сети.....	1.5.7
Уровень контроля и управления технологическим процессом.....	1.5.6
Уровень человеко-машинного интерфейса.....	1.5.8
Физическая величина.....	1.5.5
Электроустановка.....	1.3

Рисунок 1.Р1

«Пирамида» управления промышленного предприятия



Таблица 1.Т1

Марки основных комплексов рабочих чертежей

Наименование основного комплекта рабочих чертежей	Марка	Примечание
Технология производства	ТХ	—
Технологические коммуникации	ТК	При объединении рабочих чертежей всех технологических коммуникации
Генеральный план и сооружения транспорта	ГТ	При объединении рабочих чертежей генерального плана и сооружений транспорта
Генеральный план	ГП	—
Архитектурные решения	АР	—
Конструкции железобетонные	КЖ	—
Архитектурно-строительные решения	АС	При объединении рабочих чертежей архитектурных решений и строительных конструкций
Конструкции металлические деталировочные	КМД	—
Водопровод и канализация	ВК	—
Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	ОВ	—
Тепломеханические решения котельных	ТМ	—
Воздушоснабжение	ВС	—
Пылеудаления	ПУ	—
Холодоснабжения	ХС	—
Газоснабжения (внутренние устройства)	ГСВ	—
Силовое электрооборудование	ЭМ	—
Электрическое освещение (внутреннее)	ЭО	—
Системы связи	СС	—
Радиосвязь, радиобезопасие и телевидение	РТ	—
Пожаротушение	ПТ	—
Пожарная сигнализация	ПС	—
Охрана и охранно-пожарная сигнализация	ОС	—

Окончание табл. 1.Т1

Наименование элементов комплекса рабочих чертежей	Марка	Примечание
Эксплуатационные решения	ЭР	—
Автоматизация...	А...	Многократно записывают наименование и маркой соответствующего основного комплекта рабочих чертежей
Антивибрационная защита технологических аппаратов, ёмкостей и трубопроводов	АЗО	—
Тепловые изоляторы оборудования и трубопроводов	ТИ	—
Автомобильные дороги	АД	—
Железнодорожные пути	ПЖ	—
Наружные сети водоснабжения	НВ	—
Наружные сети канализации	НК	—
Тепломеханические решения тепловых сетей	ТС	—
Наружные теплопроводы	ТСН	—
Наружное электроснабжение	ЭН	—
Электроснабжение	ЭС	—

Техническая последовательность выполнения проектных работ (р. а.)

Наименование мероприятий в технологическом исполнении	Мероприятия документально	Задание на проектирование безопытные данные	Технологическая часть проектной работы коды на	Задание на исполнение	Технологические задания на изготовление штатных для ТЭО	Задание на выполнение работ фундаментальные	Задание на выполнение работ на основании штатных данных и спецификаций	Расчетное задание на изготовление на территории	Задание на проект	Задание на проект. Фундаментально	Технологическая часть проектной работы	АРС, основанные на инструкциях по эксплуатации оборудования на фидере
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Распределение времени, %		7	16	19	33	43	45	50	51	53	55	63
Плывовые сроки												
	ГИП	•			•				•			
	ТХ	•							•	•	•	
	ГТ	•			•			•			•	
	АС	•			•				•			•
	КЖ											•
	КМ											•
	ВК	•			•			•	•	•	•	
	ОВ	•			•				•	•	•	
	ЭМ	•			•				•	•		
	ЭО				•				•		•	
	ЭН	•			•							
	ЭС	•			•					•		

	ПТ	о						о	•	•	•		
	ПС	о											
	СС	о											
	АТХ	о		о				о	•	•	•		
	АД												
	ПЖ												
	ПОС												
	ООС												
	ООСС												
	ОТ								о				
	ТЭП								о				
	ИТМГОЧС												
	СМ												
	ОВП												

Примечания:

- о – документ принят к исполнению ⬆ – внешнее согласование
 • – документ выдан для исполнения ⬇ – внутреннее согласование

Марки документов приняты по таблице 1.Т1

Кроме того, в той же графе указаны следующие разделы проекта и должностные лица.

ГИП – главный инженер проекта

ООС – охрана окружающей среды

ООСС – охрана окружающей среды при строительстве

ОТ – охрана труда

ТЭП – технико-экономические показатели

ПОС – проект организации строительства

ИТМГОЧС – инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям

СМ – сметные материалы

ОВП – оформление и выпуск проекта

Таблица 1.Т3

Наименования АС, используемых в АСУП

Аббревиатура	Краткая характеристика
DCS (Distributed Control Systems)	Распределенная Система Управления. Система управления распределенной производственной средой в масштабах установки или цеха состоит из отдельных узлов (на основе PLC), объединенных в сеть по интерфейсам. Каждый узел выполняет одну или несколько задач: — сбор и обработка информации от набора измерительных устройств, — управление участком протекания главного процесса (с помощью управляющих устройств), — архивирование данных, — управление пользовательскими интерфейсами и отображение данных; — расчетные задачи по оптимизации производственного процесса; — связь с другими системами
SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	Диспетчерское (оперативное) Управление и Сбор Данных. Отличаются от DCS функциональной разнородностью узлов, программной реализацией функций контроля и управления, архитектурой (клиент – серверная, многозвенная), большей ориентацией на удобства оператора.
MMI (Man Machine Interface), HMI (Human MI)	Человек-машинный интерфейс (ЧМИ). Обобщающее название для SCADA и DCS.
Batch Control	Последовательное управление. Позволяют оптимизировать производственный цикл (необязательно замкнутый) в последовательно непрерывных отраслях на основе математических моделей и алгоритмов.
PLC (Programmable Logic Controllers)	ПЛК

Таблица 1.Т4

Наименования АС, используемых в АСУП

Аббревиатура	Краткая характеристика
ERP (Enterprise Resource Planning)	Планирование Ресурсов Предприятия. Ориентированы на бизнес-процессы предприятия. Основные задачи: — эффективное управление сбытом и снабжением, — контроль за финансовыми и материальными потоками; — планирование выпуска продукции
ERP II (Enterprise Resource & Relationship Processing)	Управление ресурсами и взаимоотношениями предприятия. Дополняет ERP с позиций выхода предприятия во внешний мир.
MRP II (Material Requirements Planning)	Планирование Потребностей в Материалах. Ориентированы на технологические подразделения предприятия. Основные функции: бизнес-управление, планирование продаж и операций, объемно-

Описание табл. 1.74

Аббревиатура	Краткая характеристика
	календарное планирование, планирование потребности в материалах, планирование потребности в производственных мощностях, статистическое управление складскими запасами
EAM (Enterprise Asset Management)	Управление Основными фондами Предприятия. Предлагают наиболее оптимальные и сбалансированные решения в области управления производственными ресурсами и максимизации эксплуатационной готовности фондов.
MRP II (Manufacturing Requirements Planning)	Планирование Ресурсов Производства. Решение задач организации производства на отдельном участке (цехе, установке)
IRP (Intelligent Resource Planning)	Интеллектуальное планирование ресурсов. Является развитием ERP и MRP II, характеризуются динамической адаптацией к изменяющимся задачам предприятия и оперативным взаимодействием с поставщиками и потребителями
MES (Manufacturing Execution Systems)	Исполнительные системы производства. Находятся на уровне ТП, но с технологией напрямую не связаны. Основные задачи — управление производственными и людскими ресурсами в рамках ТП; — планирование и контроль последовательности операций ТП, — управление качеством продукции, хранение исходных материалов и произведенной продукции по технологическим подразделениям, — техническое обслуживание производственного оборудования; связь систем ERP и SCADA/DCS.

Таблица 1.75

Уровни модели OSI и их основные функции

Уровень	Назначение
1 Физический Physical	Отвечает за физические, электрические характеристики линии связи между узлами (коаксиальные кабели, витые пары, волоконно-оптические кабели, разъемы; трансиверы и т.д.)
2 Канальный Data Link	Обеспечивает надежную передачу данных по физическим линиям связи. На этом уровне (здесь данные) происходит исправление ошибок передачи, кодирование и декодирование отправляемых или принимаемых битовых последовательностей
3 Сетевой Network	Обеспечивает для каждого уровня независимость от стандарта передачи данных (протоколы), отличает по адресации в каждой сети сообщений
4 Транспортный Transport	Управляет использованием каналов связи и регулирует входящий поток, если на обработку приходит для них более данных

Продолжение табл. 1.Т6

Классификационный признак и группа показателей надежности		№ группы, обозначающей типикласс надежности	Варианты шкалы уровней надежности							
	Периодический — во время функционирования и ожидания		4	—	—	—	—	—	—	—
В. Режим восстановления (во время хранения нет восстановления)	Восстанавливаемые — во время функционирования и ожидания	1	1	2	3	4	5	6	—	—
	Невосстанавливаемые во время функционирования, восстанавливаемые во время ожидания	2	—	—	—	—	—	—	7	8
Г. Режим обслуживания	Обслуживаемые во время плановых регламентов	1	1	2	3	—	5	—	7	8
	Обслуживаемые перед началом функционирования	2	—	—	—	4	—	6	—	—
	Средняя наработка на отказ (наработка на отказ)	T_0	1	2	—	—	—	—	—	—
	Среднее время восстановления работоспособного состояния	T_B	1	2	3	4	5	6	—	—
	Вероятность безотказной работы за период функционирования t_0 без учета восстановления	$P_{C/0}(t_0)$	—	—	—	—	—	—	—	—
	Вероятность безотказной работы за период функционирования t_0 с учетом восстановления и период хранения t_1	$P_{C/0}(t_0, t_1)$	—	—	3	4	5	6	—	—
	Коэффициент готовности (стационарный)	K_T	—	—	—	—	—	—	7	8
	Вероятность безотказного функционирования за период t_0 с учетом готовности к моменту начала функционирования t_1	$P_{C/0}(t_0, t_1)$	—	—	—	—	—	—	7	8
	Оптимальный межконтрольный период за время	t_{opt}	—	2	—	—	5	6	—	—

Окончание табл. 1.Т6

Классификационный признак уровня надежности надежности		№/п. критерия, обозначающего вид критерия надежности	Вероятности появления отказов							
	функционирования по коэффициенту готовности									
	Оптимальный межконтрольный период за время ожидания по коэффициенту готовности	t_{opt}	-	-	-	-	-	-	7	8
	Период функционирования	$t_{ф}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	Период хранения	$t_{х}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	Время проведения контроля	$t_{к}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	Момент начала функционирования	$t_{н}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	Среднее квадратическое отклонение вероятности безотказной работы	σ_t	-	-	3	4	5	6	-	-

Факторы надежности ПО

Факторы, определяющие надежность ПО



Глава 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АСУТП

	Лист
2.1. Введение	2-1
2.2. АСУТП, ТОУ, АТК	2-1
2.3. Технологические процессы и операции	2-1
2.4. Переменная и управляющее воздействие	2-4
2.5. Функции АСУТП	2-5
2.6. Стадия, этап, очередь создания АСУТП	2-6
2.7. Составные части обеспечения АСУТП	2-6
2.8. Участники работ по созданию АСУТП	2-8
2.9. Договор (контракт)	2-10
2.10. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе ..	2-10
2.11. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	2-10

2.1. ВВЕДЕНИЕ

Терминология в АСУТП весьма обширна. Термины АСУТП появились, изменялись и дополнялись одновременно с появлением и развитием автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и автоматизированных систем (АС) в целом.

Почти три десятилетия термины АСУТП и их определения включались в состав различных нормативно-технических документов: ГОСТ, ГОСТ Р, ОРММ, РД.

В данной главе приведены основные термины, их пояснение, ссылки на НТД, в которых даны определения конкретного термина.

Пояснения, приведенные в главе, дают, на наш взгляд, современное понятие наиболее часто встречающихся терминов, используемых в работах по созданию АСУТП. Пользователь может по имеющейся ссылке обратиться к документу с основной трактовкой того или иного термина.

2.2. АСУТП, ТОУ, АТК

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) РД 50–680–88, п.1.1; ОРММ–3, п.1.1.1.2 – организационно-техническая система, обеспечивающая:

- выработку решений на основе автоматизированных информационных процессов,
- реализацию управляющих воздействий на технологический объект управления (ТОУ).

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 технологическому 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).

Совокупность совместно функционирующих ТОУ и управляющей им АСУТП представляет из себя **автоматизированный технологический комплекс (АТК)** (ОРММ – 3, п. 1.1.1.4).

2.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИЯ

Технологический процесс производства – это комплекс действий по изменению и последующему определению состояния предмета производства (ГОСТ Р 123.047–98, п. 3.1.18): изменению подвергаются – местоположение, состояние, свойство, форма сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства готовой продукции.

Технология (греч. *techné* — умение, мастерство, искусство; *logia* — логия) как наука о способах воздействия на сырье, материалы и полуфабрикаты соответствующими орудиями производства. Технология разрабатывается и совершенствуется по различным отраслям и изделиям производства (пищевая промышленность, пивоварение, производство минеральных удобрений, бумаги, приборов, компьютеров, очищенной воды, пара, стали, цветных металлов и т. д. и т. п.)

Количество технологических процессов практически неограниченно. Имеется, однако, фактор, который присутствует во всех технологических процессах. Таким фактором любого технологического процесса является фактор времени, а именно характер протекания технологического процесса во времени.

Различают основные виды характера протекания процесса во времени:

- непрерывный (с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов);
- полунепрерывный (непрерывный, с существенными для управления переходными режимами, вызванными доливками (заменами) сырья или реагентов либо выдачей продукции);
- непрерывно-дискретный — I (сочетающий непрерывные и прерывистые режимы на различных стадиях процесса);
- непрерывно-дискретный — II (сочетающий непрерывный и прерывистые режимы с малой длительностью непрерывных режимов в аварийных условиях);
- циклический (прерывистый), с существенной для управления длительностью интервалов непрерывного функционирования и циклическим следованием интервалов с различными режимами);
- дискретный (прерывистый, с малой, несущественной для управления длительностью непрерывных технологических операций).

Фактором отличия технологических процессов друг от друга является количество технологических операций, которые составляют данный процесс.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса производства, направленная на получение какого-либо промежуточного результата производства и характеризующаяся неизменностью:

- применяемых технологических аппаратов и установок, технологических трубопроводов и запорной арматуры;
- процесса производственных действий и/или наблюдения со стороны обслуживающего оперативного персонала.

Согласно «справочнику базовых цен на разработку технической документации на АСУТП» (СБЦ) примерами технологической операции являются: загрузка, нагрев, томление, штамповка, травление, дробление, резка, сварка, рассев, обжиг, клеймение, окраска, подача газа к горелке, подача воды в контур рециркуляции, создание разрежения в топке, упаковка, транспортирование, складирование и т. д.

Для понимания термина «технологическая операция» рассмотрим технологический процесс дробления среднотонкого сыпучего материала.

Сыпучий материал средней крупности хранится в приемном бункере. Из бункера материал дозатором (лопастным, шнековым, тарельчатым, весовым и др.) подается на дробление в дробилку, из которой дробленый материал поднимается ковшевым элеватором на однодековый грохот для отделения средних фракций от мелких. Фракция мелкокусковая направляется в бункер мелких фракций для хранения

и дальнейшего использования. Средняя фракция ленточным транспортером возвращается в приемный бункер.

В производстве этот процесс может быть выделен, причем подчас по субъективным причинам, либо в технологический участок, либо отделение, либо секцию дробления. В тоже время эта «технологическая единица» включает несколько технологических операций.

- хранение среднекускового материала;
- дозирование;
- дробление;
- транспорт материала (подъем с низкой отметкой на более высокую);
- грохочение (разделение материала по фракциям);
- хранение мелкой фракции

Функционирование каждой технологической операции требует реализации собственного алгоритма действий, контроля, блокировок и управления.

В рассматриваемом технологическом процессе отдельная технологическая операция связана с действием конкретного агрегата, механизма.

Например, при остановке транспортера должны останавливаться механизмы, которые подают на него материал. То есть должны останавливаться по блокировочным зависимостям – грохот, элеватор, дробилка и дозатор. Вместе с тем, в некоторых случаях по технологическим причинам элеватор должен продолжать работу до освобождения ковшей от материала с тем, чтобы исключить противоход ковшей элеватора под массой материала в них или чтобы облегчить новый запуск элеватора. Дробилка также должна доработать материал, находящийся внутри нее для облегчения нового запуска. Таким образом, останов транспортера заблокирован с остановом грохота и дозатора. Элеватор и дробилка (или один из них) некоторое время продолжают работать.

Другой пример пояснения термина – слив нефтепродукта из цистерн на железнодорожной эстакаде в два резервуара для хранения нефтепродуктов. Локомотив подает группу цистерн с нефтепродуктом одного сорта на железнодорожную эстакаду. Следует открытие верхних люков, подключение нижних сливных устройств к сливным приборам цистерн, взятие проб нефтепродуктов из цистерн, открытие конусов сливных приборов, заполнение продуктопровода и насоса слива продукта, подготовка маршрута слива продукта в резервуар А (открытие запорной арматуры по маршруту и закрытие арматуры, предотвращающей смещение или утечку продукта в маршруте), запуск насоса слива, перекачка нефтепродукта из цистерн в резервуар А до заполнения его до определенного уровня, разборка маршрута перекачки или переключение части маршрута для заполнения резервуара Б.

Технологический процесс слива нефтепродукта из вагоноцистерн в резервуар А включает несколько технологических операций:

- подача цистерн на железнодорожную эстакаду;
- подготовка цистерн и устройства слива к операции слива;
- подготовка маршрута перекачки продукта в резервуар А;
- заполнение продуктопровода и насоса продуктом;
- запуск насоса слива продукта;
- перекачка продукта из цистерн в резервуар А;
- контроль уровня заполнения резервуара А;

- выключение резервуара А из маршрута слива продукта;
- отклонение маршрута перескачки нефтепродукта.

В этом примере не рассмотрено проведение учетных операций при сливе и приеме нефтепродуктов в резервуар.

2.4. ПЕРЕМЕННАЯ И УПРАВЛЯЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Факторами, характеризующими технологический процесс, являются также количество и вид переменных и управляющих воздействий.

Переменная – это аналоговая или дискретная величина (параметр), принимающая различные значения и характеризующая либо состояние ТОО, либо процесс его функционирования, либо его результаты.

Примечание.

Примерами переменной являются: температура в рабочем пространстве печи, давление под колошником, расход охлаждающей жидкости, скорость вращения вала, напряжение на клеммах, содержание окиси кальция в сырьевой муке, сигнал о состоянии, в котором находится механизм (ягретат) и т. п.

Вид и свойства переменных будут более подробно рассмотрены в другой главе.

При определении термина «АСУТП» используется термин «управляющее воздействие».

Управляющее воздействие – воздействие (сигнал, совокупность сигналов, команда), вырабатываемое комплексом средств автоматизации АСУТП по определенному алгоритму, предназначенное для целенаправленного влияния (непосредственно или через персонал) на процесс функционирования ТОО и характеризующееся специфической (присущей только ему) логической структурой на цифровом уровне и линейной связью с управляемым органом на физическом уровне.

Примечание.

Примерами управляющих воздействий являются: включение механизма (ягретата), аварийное отключение механизма (ягретата), выбор стеллажа для складирования изделя, изменение расхода воды на охлаждение рабочего инструмента, команда на воевку конвертере, запрет включения двигателя, рекомендация по содержанию легирующей добавки в шихте и т. п.

По способу реализации управляющего воздействия ия технологический объект управления (ТОО) различают 4 режима – 2 автоматизированных, т. е. с непосредственным участием в управлении оперативного персонала и 2 автоматических, при котором средства АСУТП без участия персонала реализуют управляющие функции.

Режим выполнения функции АСУТП, при котором комплекс средств автоматизации АСУТП представляет персоналу АСУТП информацию о технологическом объекте управления, а выбор и реализацию управляющих воздействий производит персонал АСУТП – это автоматизированный «ручной» режим.

Режим выполнения функции АСУТП, при котором комплекс средств автоматизации АСУТП вырабатывает рекомендации по управлению, а решение об их использовании принимает и реализует персонал АСУТП – это автоматизированный режим «совместный».

Режим выполнения функции АСУТП, при котором комплекс средств автоматизации АСУТП автоматически изменяет уставки и (или) параметры настройки систем локальной автоматизации технологического объекта управления — **автоматический режим косвенного управления**.

Режим выполнения функции АСУТП, при котором комплекс средств автоматизации АСУТП вырабатывает и реализует управляющее воздействие непосредственно на исполнительные механизмы технологического объекта управления — **автоматический режим прямого (выпосредстввенно о) управления**.

2.5. ФУНКЦИИ АСУТП

Информационная функция АСУТП включает получение информации, ее обработку, хранение и передачу персоналу АСУТП или во вне системы о состоянии ТОО или внешней среды (ГОСТ 34.003—90, п. 7.4).

Различают 4 степени **развитости информационных функций**:

- параллельные контроль и измерение параметров состояния ТОО;
- централизованный контроль и измерение параметров состояния ТОО;
- косвенное измерение, в том числе путем вычисления отдельных комплексных показателей функционирования ТОО;
- анализ и обобщенная оценка состояния технологического процесса по его модели (распознавание ситуаций, диагностика аварийных состояний, прогноз хода процесса).

Управляющая функция АСУТП включает получение информации о состоянии ТОО, ее оценку, выбор управляющих воздействий и их реализацию (ГОСТ 34.003—90, п. 7.3).

Возможны 7 степеней **развитости управляющих функций АСУТП**.

- одноконтурное автоматическое регулирование или автоматическое одноконтурное логическое управление (переключения, блокировки и т. п.);
- каскадное и (или) программное автоматическое регулирование или автоматическое программное логическое управление по «жесткому» циклу;
- многосвязное автоматическое регулирование или автоматическое программное логическое управление по циклу с разветвлениями;
- оптимальное управление установившимися режимами (в статике);
- оптимальное управление переходными процессами или процессом в целом (оптимизируя в динамике);
- оптимальное управление быстропротекающими переходными процессами в аварийных условиях;
- оптимальное управление с адаптацией (самообучением и изменением алгоритмов и параметров системы).

Выбор степеней информационных и управляющих функций — сложный и дискуссионный процесс анализе исходных материалов для создания АСУТП.

Требования к информационным и управляющим функциям АСУТП следует определить на предпроектных стадиях создания АСУТП и конкретно зафиксировать в исходных материалах, согласованных заказчиком и исполнителем, и служащих основой для подготовки контракта на выполнение работ по созданию АСУТП.

2.6. СТАДИЯ. ЭТАП. ОЧЕРЕДЬ СОЗДАНИЯ АСУТП

Как всякое изделие, продукт или объект, так и АСУТП определяется циклом ее жизни.

Жизненный цикл автоматизированной системы управления технологическим процессом включает совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния системы от формирования исходных требований к ней, ввода в действие, до окончания эксплуатации и утилизации комплекса средств автоматизации и вычислительной техники (ГОСТ 34.003–90, пп. 4.1, 4.2)

Процесс создания системы проходит через несколько стадий и этапов.

Стадия создания АСУТП – одна из частей процесса создания системы, установленная нормативными документами и заканчивающаяся

- выпуском документации на систему, содержащей описание подной, в рамках заданного для данной стадии уровня требований, модели автоматизированной системы;
- изготовлением несерийных компонентов системы;
- приемкой системы в промышленную эксплуатацию (ГОСТ 34.003–90, п. 4.3).

Стадии создания подразделяются на этапы.

Этап создания АСУТП – часть стадии создания системы, выделенная по соображениям единства характера работ и/или завершающего результата или специализацией исполнителей (ГОСТ 34.003–90, п. 4.3).

Создание АСУТП можно разделить на очередь.

Очередь создания АСУТП – часть создания системы, для которой в техническом задании на создание системы (или в другом организационно-техническом и финансовом документе по созданию системы) установлены отдельные сроки ввода и набор реализуемых функций (ГОСТ 34.003–90, п. 4.5).

Окончание промышленной эксплуатации системы, утилизация комплекса технических и программных средств системы не рассматриваются в данной публикации

2.7. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУТП

Функционирование АСУТП по ГОСТ 24.103–84 достигается путем взаимодействия составных частей АСУТП:

- технического обеспечения (ТО);
- информационного обеспечения (ИО);
- программного обеспечения (ПО);
- организационного обеспечения (ОО);
- оперативного персонала.

Техническое обеспечение АСУТП – совокупность технических средств системы (технических средств автоматизации, средств управляющей вычислительной техники, сетей передачи данных) и эксплуатационной документации, способных обеспечить функционирование системы в полном объеме

Информационное обеспечение АСУТП – набор документов и данных, содержащих:

- перечень и характеристики переменных, которые отражают фактическое состояние ТОУ и АСУТП,
- описание правил классификации и кодирования информации и ее групп;

- описание массивов входной и выходной информации;
- формы документов, видеок кадров, которые используются в системе;
- нормативно-справочные сведения, которые используются в системе.

Математическое обеспечение (МО) – совокупность методов, моделей и алгоритмов, которые используются в системе.

МО реализуется в виде программ СПО

Программное обеспечение АСУТП – совокупность программ и эксплуатационной программной документации, необходимых для реализации АСУТП при использовании технического обеспечения системы.

Программное обеспечение АСУТП подразделяется на общее или базовое программное обеспечение (ОПО) и специальное программное обеспечение (СПО).

Общее программное обеспечение АСУТП (ОПО) – часть программного обеспечения, которая:

- поставляется в комплекте со средствами вычислительной техники.
- приобретается на рынке программных продуктов.

В состав ОПО входят программы, используемые при разработке СПО, компоновке программ, организации функционирования средств вычислительной техники, для служебных целей

Специальное программное обеспечение АСУТП (СПО) – часть программного обеспечения, которая разрабатывается специально при создании данной системы для реализации основных и вспомогательных функций АСУТП. СПО разрабатывается с использованием программ ОПО и на базе ОПО.

Организационное обеспечение АСУТП (ОО) – описание структур АСУТП, инструкции оперативному персоналу, на основании которых персонал обязан функционировать в составе автоматизированного технологического комплекса (АТК).

При создании АСУТП разрабатываются другие части обеспечения, которые в явном виде не входят в состав системы:

- лингвистическое обеспечение;
- метрологическое обеспечение;
- эргономическое обеспечение;
- правовое обеспечение.

Лингвистическое обеспечение АСУТП – совокупность языковых средств для общения оперативного персонала со средствами управляющей вычислительной техники системы.

Языковые средства используются в эксплуатационной документации ОО, ТО и ПО.

Метрологическое обеспечение АСУТП – совокупность проектных решений, алгоритмов, технических и программных средств, направленная на обеспечение требований точностных характеристик функций системы.

Перечень требований по метрологическому обеспечению системы должен быть согласован заказчиком и исполнителем.

Перед проведением приемочных испытаний и сдачей системы в эксплуатацию должна проводиться метрологическая аттестация измерительных каналов и подсистем с привлечением органов ГОССТАНДАРТА.

Эргономическое обеспечение АСУТП – совокупность взаимосвязанных требований, направленных на согласование психологических, психофизиологических,

антропометрических, физиологических характеристик и возможностей человека-оператора, технических характеристик комплекса средств автоматизации и управляющей вычислительной техники, параметров рабочей среды на рабочем месте (РД 50-680-88, приложение 1).

Правовое обеспечение АСУТП – совокупность правовых норм, регламентирующих правоотношения при функционировании АСУТП, и юридический статус результатов ее функционирования (РД 50-680-88, приложение 1).

Оперативный персонал АСУТП – совокупный контингент специалистов, который обеспечивает нормальное функционирование всего АТК и состоит из:

- технологов-операторов АТК, в функции которых входит контроль за состоянием и работой, управление технологическим объектом управления ТОУ с использованием информации и «советов» (рекомендаций) со стороны средств вычислительной техники по рациональному управлению объектом;
- эксплуатационного персонала АСУТП, обеспечивающего нормальное регламентное функционирование комплекса технических и программных средств АСУТП

Примечание Ремонтный персонал в состав оперативного персонала АСУТП не входит.

2.8. УЧАСТНИКИ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АСУТП

В работах по созданию АСУТП (ОРММ-3, п. 1.4.2) принимают участие заказчик, основной исполнитель, исполнитель (соисполнитель).

Каждый заказчик или исполнитель как субъект деятельности является либо организацией (юридическим лицом), которое характеризуется уставом, штатным расписанием, должностными инструкциями, либо физическим лицом.

Каждый заказчик или исполнитель в предпринимательской деятельности использует и эксплуатирует соответствующий имущественный комплекс – предприятие как объект деятельности.

В состав предприятия входят в общем случае земельные участки, здания, сооружения, оборудования, инвентарь, сырье, продукция.

Заказчик или исполнитель должен иметь документ, полученный в установленном в Российской Федерации порядке, на право осуществления соответствующего вида деятельности.

Заказчик – юридическое лицо (организация или другой субъект предпринимательской деятельности), формирующее требования к АСУТП, финансирующее работы по ее созданию, принимающее участие в этих работах и ответственное за внедрение и использование системы.

Основной исполнитель (разработчик системы) – юридическое или физическое лицо, выполняющее все работы, либо их часть, по созданию системы и несущее ответственность за научно-технический уровень разработки и ее соответствие требованиям, содержащимся в исходных материалах на создание АСУТП.

Исполнитель (соисполнитель, субподрядчик) – физическое или юридическое лицо, участвующее в создании системы и выполняющее законченную часть (этап, стадию, вид или часть вида обеспечения) работы по созданию системы и несущее ответственность за научно-технический уровень этой части разработки и соответствие

ее требованиям, содержащимся в исходных материалах на часть работы по созданию АСУТП.

Системный интегратор АСУТП — юридическое лицо (организация), которое решает проблему создания системы в целом путем:

- предложения оптимальных взаимоувязанных проектных решений;
- комплексной поставки аппаратурно-программных средств;
- профессиональной ответственности за гарантированную работоспособность системы;
- обучения персонала заказчика;
- срочного сопровождения действующей системы управления.

Системный интегратор, как правило, является основным исполнителем создания АСУТП.

Системным интегратором может быть также генеральный проектировщик объекта управления или непосредственный заказчик разработки систем.

Генеральный проектировщик в случае выполнения им функций системного интегратора должен иметь в своем составе соответствующее подразделение/подразделения или иметь на субподряде исполнителя, способного быть системным интегратором.

Функции заказчика — обеспечение финансирования и эксплуатации системы, без отвлечения своих сил на специфичную деятельность по проектированию, имея в виду, что привлечение внешней проектной силы ускоряет работы над проектом и повышает, как правило, ее качество. Заказчик при этом постоянно занят своим главным делом — эксплуатацией технологического объекта управления, приемкой и эксплуатацией АСУТП на производстве.

Главный инженер проекта (главный конструктор, руководитель, управляющий проектом) — физическое, должностное лицо организации — основной исполнитель, который осуществляет организационно-техническое руководство проектными работами при создании АСУТП и авторский или технический контроль за монтажно-наладочными работами, вводом в действие и освоением системы на технологическом объекте управления.

Кроме указанных участников работ по созданию АСУТП необходимо отметить участие в создании системы генерального проектировщика технологического объекта управления.

Генеральный проектировщик объекта — юридическое лицо (организация), которое выполняет разработку комплексного проекта технологического объекта управления во всех частях проекта или отдельных его частях на всех стадиях и этапах выполнения работ, обеспечивая при этом их экономическую эффективность и конкурентоспособность, высокий технический уровень, эксплуатационные удобства и экономичную технологию производства в условиях рыночной экономики.

Генеральный проектировщик может быть также основным исполнителем АСУТП или заказчиком АСУТП.

Основной исполнитель может быть также заказчиком для соисполнителя в разработке части АСУТП.

Генеральный проектировщик выполняет или организует выполнение работ по заданиям основного исполнителя АСУТП на смежные части проекта создания АСУТП.

2.9. ДОГОВОР (КОНТРАКТ)

Договор (контракт) на выполнение работ по созданию АСУТП — основополагающий юридический, правовой, финансовый документ, регламентирующий взаимоотношение сторон при выполнении основным исполнителем (исполнителем) согласованных работ по заказу и требованиям заказчика (генерального проектировщика) в установленные сроки

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

ГОСТ Р 12.3.047–98	ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
ГОСТ 24.103–84	ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления. Общие положения.
ГОСТ 34.003–90	ИТ КСАС. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения
ОРММ-3	Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРММ-3 АСУТП).
РД 50-680–88	Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения.
СБЦ	Справочник базовых цен на разработку технической документации на автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП).

2.11. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП).....	2.2
Автоматизированный технологический комплекс (АТК).....	2.2
Автоматизированный режим прямого (непосредственного) управления.....	2.4
Автоматизированный режим косвенного управления.....	2.4
Автоматизированный «ручной» режим.....	2.4
Автоматизированный режим советчика.....	2.4
Генеральный проектировщик объекта.....	2.8
Главный инженер проекта.....	2.8
Договор (контракт).....	2.8

Жизненный цикл	2.6
Заказчик	2.8
Информационная функция АСУТП	2.5
Информационное обеспечение АСУТП	2.7
Исполнитель (соисполнитель, субподрядчик)	2.8
Лингвистическое обеспечение АСУТП	2.7
Математическое обеспечение (МО).....	2.7
Метрологическое обеспечение АСУТП	2.7
Общее программное обеспечение АСУТП (ОПО)	2.7
Оперативный персонал АСУТП	2.7
Организационное обеспечение АСУТП (ОО)	2.7
Основной исполнитель (разработчик системы)	2.8
Очередь создания АСУТП	2.6
Переменная	2.4
Прямое обеспечение АСУТП	2.7
Программное обеспечение АСУТП	2.7
Реализация управляющего воздействия	2.4
Системный интегратор АСУТП	2.8
Специальное программное обеспечение АСУТП (СПО)	2.7
Стадия создания АСУТП	2.6
Степени развитости управляющих функций АСУТП	2.5
Техническое обеспечение АСУТП.....	2.7
Технология.....	2.3
Технологическая операция	2.3
Технологический объект управления (ТОУ)	2.2
Технологический процесс	2.3
Управляющая функция АСУТП	2.5
Управляющее воздействие	2.4
Характер протекания процесса во времени	2.3
Эргономическое обеспечение АСУТП.....	2.7
Этап создания АСУТП	2.6

ГЛАВА 3. СТАДИИ И ЦЕНА СОЗДАНИЯ АСУТП

	Лист
3.1. Нормативно-технические документы создания АСУТП	3-1
3.2. Стадии создания АСУТП.	3-1
3.3. Определение стоимости разработки АСУТП	3-12
3.4. Трудоемкость работ, базовые и договорные цены разработки АСУТП.....	3-14
3.5. Порядок расчета цены разработки	3-16
3.6. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	3-22
3.7. Технический материал, использованный в главе	3-23
3.8. Перечень основных терминов, примененных в данной главе.....	3-23

Перечень приложений

3.Пр1. Расчет стоимости производства по сборнику кусконаладочных работ АСУТП ресурсным способом по ГЭСНп 81-04-02-2001	3-25
3.Пр2. Смета (образец)	3-33

Перечень схем

3.Сх1. Создание АСУТП на технологическом объекте и поправочные коэффициенты трудоемкости работ по созданию автоматизированного технологического комплекса	3-35
---	------

Перечень таблиц

3.Т1. Перечень основных нормативных документов по стадиям создания АСУТП (ГОСТ 34.601-90)	3-36
3.Т2. Стадии создания АСУТП по ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.201-89 (табл. 2) и ГОСТ 19.101-77 (табл. 4).	3-38
3.Т3. Справочный классификатор по срокам полезного действия основных средств АСУТП	3-40
3.Т4. Поправочные коэффициенты, трудоемкость разработки ТЗ и проектной документации (в бадлах), коэффициенты распределения цены по стадиям проектирования	3-44

3.1. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ СОЗДАНИЯ АСУТП

Создание автоматизированной системы управления технологическим процессом АСУТП обуславливается значительным числом нормативных документов. Перечень основных НТД на создание АСУТП приведен в таблице 3.1). Нормативные документы на создание АСУТП за последние 15–20 лет неоднократно изменялись, уточнялись и дополнялись по мере развития и совершенствования автоматизированных систем различного назначения и различной сферы деятельности (управление, исследование, проектирование и т. п.).

В настоящее время, как видно из «Перечня основных НТД», действуют стандарты и нормы, разработанные более 10 лет назад различными отраслевыми и межотраслевыми комиссиями и комитетами.

В «Перечень» входят отдельные документы из следующих комплексов и систем стандартов, устанавливающих требования к различным видам и частям АС:

- единая система стандартов автоматизированных систем управления ЕСС АСУ (система 24);
- комплекс стандартов САПР (система 23);
- система стандартов 14 группы (АС технологической подготовки производства АСУТП);
 - единая система конструкторской документации ЕСКД (система 2);
 - единая система программной документации ЕСПД (система 19);
 - система проектной документации для строительства СПДС (система 21);
 - система разработки и постановки продукции на производство СРПП (система 15);
 - единый комплекс стандартов автоматизированных систем ЕКС АС (система 24);
 - информационная технология; комплекс стандартов на автоматизированные системы КС АС (система 34).

Нормативно-технические документы, регламентирующие разработку отдельных частей обеспечения и видов документов, приводятся в соответствующих главах.

3.2. СТАДИИ СОЗДАНИЯ АСУТП

Автоматизированная система управления технологическим процессом является, как правило, штучной, единичной продукцией. Создание АСУТП может осуществляться с учетом требований, установленных системой разработки и постановки продукции на производство СРПП. При этом, несмотря на единичное, редко повторно-применяемое изделие – АСУТП имеет огромное количество разработанных, введенных в эксплуатацию и действующих образцов подобной продукции АСУТП в различных отраслях производства. Опыт последних лет позволяет в короткий срок находить более простые, дешевые решения при создании новой АСУТП.

На первых разрабатываемых в прошлые годы АСУТП большое внимание и серьезные затраты приходилось на научно-исследовательские работы по алгоритмизации, моделированию технологического процесса и опытно-конструкторские работы по получению от объекта управления необходимой информации, ее переработке, передаче и представлению оперативному персоналу. Современное состояние технических

и программных средств и систем автоматизации практически исключило затраты на ОКР для конкретной разработки АСУТП, а опыт написания «Технологического регламента» специалистами технологами совместно со специалистами фирм-интеграторов позволяет создавать материалы (документы) математического обеспечения АСУТП без проведения дорогостоящих предпроектных научных исследований технологического процесса как объекта управления.

Разработчики АСУТП используют в том или ином виде типовые проектные решения ТПР, общие требования к которым установлены ГОСТ 24.703–85. ТПР обычно разрабатывают на объекты проектирования, охватывающие элементы различных видов обеспечения АСУТП, постановки задач и на отдельные функции АСУТП. Примеры таких объектов проектирования приведены в таблице 3.1 ГОСТ 24.703–85.

Вид ТПР	Примеры объектов проектирования
ТПР по информационному обеспечению	Базы данных и их организации, классификаторы технико-экономической и нормативно-справочной информации, формы представления и организации данных в системе (в том числе формы документов, диаграммы, таблицы) данных и протоколы обмена данными
ТПР по программному обеспечению	Программы общего и специального программного обеспечения АСУ
ТПР по техническому обеспечению	Комплексы средств, обеспечивающих ввод, подготовку, преобразование, обработку, хранение, регистрацию, вывод, отображение, передачу информации и средства реализации управляющих воздействий
ТПР по организационному обеспечению	Инструкции, определяющие функции подразделений управления, действия и взаимодействия персонала АСУ
ТПР по лингвистическому обеспечению	Тезаурусы и языки описания и манипулирования данными
ТПР по математическому обеспечению	Методы решения задач управления, модели и алгоритмы
ТПР на постановку задачи	Постановка задачи (комплекса задач) АСУ
ТПР по функциям	Подсистема АСУ, выделенная по функциональному признаку; функции АСУ, задачи АСУ, комплексы функций и задачи АСУ

В таблице 3.1Т указаны стадии создания АСУТП в том обобщенном виде, которые на наш взгляд наиболее полно соответствуют современному подходу к разработке, внедрению и эксплуатации АСУТП.

Как видно, стадии создания АСУТП, ее отдельных частей обеспечения – технического и программного – различаются как по их числу, так и по содержанию. В каком случае и каким образом объединить стадии создания АСУТП, определяемые различными системами КС АС, СПДС, ЕКС АС, ЕСПД?

Стадии создания АСУТП в общем случае разделяются на следующие **этапы работ** (таблица 3.2Т):

- предпроектные работы;
- проектные работы;

- работы по приобретению оборудования, материалов, лицензий и т. п.;
- монтажные работы (строительно-монтажные — при необходимости производства строительных работ);
- пусконаладочные работы;
- ввод в эксплуатацию АСУТП;
- эксплуатация АСУТП и ее сопровождение.

Стадии и этапы работы определены ГОСТ 34 601—90.

К **предпроектным работам** относятся:

1. Составление требований к АСУТП
2. Разработка концепции АСУТП.
3. Разработка и утверждение технического задания на создание АСУТП.

К этим работам следует отнести также составление обоснований инвестиций, технико-экономические расчеты (ТЭР) или обоснование (ТЭО) создания АСУТП, задание на проектирование АСУТП

Предпроектные работы выполняются либо самим заказчиком (потребителем) АСУТП, либо привлекаемыми (привлекаемой) специализированными организациями.

Предполагается, что некоторые этапы предпроектных работ, в первую очередь этап разработки технического задания (ТЗ) на создание АСУТП, будут выполняться на конкурсной основе путем проведения коммерческого тендера.

Как правило, предпроектные работы по созданию системы финансирует заказчик

Стоимость разработки ТЗ на создание АСУТП определяется по «Справочнику базовых цен на разработку технической документации на АСУТП», порядок расчета которой приведен в разделе 3.3.

Проектные работы (этапы работы по ГОСТ 34.601—90 № 4, 5, 6 и частично 7.3) осуществляются в четырех различных случаях.

АСУТП может создаваться:

- 1 Для вновь строящегося, проектируемого технологического объекта управления.
- 2 Для действующего и нереконструируемого ТОО.
- 3 Для ТОО, который реконструируется или расширяется.
- 4 Для ТОО, который технически перевооружается.

В 1 и 3 случаях, вероятно также в случае 4, основное финансирование и сроки строительства, реконструкции или перевооружения направлены на реализацию программы и плана строительно-монтажных работ на объекте. Создание АСУТП при этом должно входить в единую строительную программу объекта, как составная ее часть. Тогда за основу определения стадий создания АСУТП следует принимать этапность проектирования объекта.

Кстати, следует отметить тот факт, что в России в целях преемственности действующей законодательной и нормативной базы и совместимости с технологией, применяемой за рубежом, приняты соответствующие стадии проектирования объектов по СНиП 11-01—95 (СПДС). По СПДС основным проектным документом на строительство (расширение, реконструкцию, техническое перевооружение) объектов является, как правило, технико-экономическое обоснование (проект) строительства. На основании утвержденного (и согласованного) в установленном порядке ТЭО (проекта) строительства разрабатывается **рабочая документация**. Таким образом, СНиП определяет **мультстадийное проектирование**, как основной способ строительного проектирования.

Для ряда объектов, строящихся по проектам массового и повторного применения, или технически несложных объектов, или имеющих действующие аналоги объектов на основе одобренных, принятых, утвержденных обоснований инвестиций в строительство (предпроектная стадия), может разрабатываться в одну стадию **рабочий проект**, состоящий из утверждаемой части и рабочей документации, или сразу **рабочая документация** (без утверждаемой части).

Техническое обеспечение АСУТП проектируется во всех случаях по требованиям и правилам СПДС, поэтому его разработка в общем составе проекта строительства не вызывает специфичных организационно-правовых и финансовых затруднений.

Разработку других частей обеспечения АСУТП, таких как организационное, информационное, математическое, программное, необходимо организовывать в сроки и стадии планового проектирования всего объекта строительства и ввода в эксплуатацию, имея в виду то, что ГОСТ-ы серий 24, 34 и 19 допускают исключение или объединение отдельных стадий создания АСУТП.

В случае, когда АСУТП создается на действующем и не подвергающемся реконструкции объекте, следует организовать самостоятельную разработку АСУТП, используя стадийность создания системы по ГОСТ 34.601–90. Стадии и сроки создания АСУТП необходимо утвердить в «Техническом задании на создание АСУТП».

Выполнение проектно-сметной документации технического обеспечения ТО АСУТП организационно и финансово обеспечивается на различных стадиях разработки путем включения отдельных документов ТО стадий «Проект», «Рабочий проект» или «Рабочая документация» в обобщенные материалы АСУТП стадий «Эскизный проект», «Технический проект», «Технорабочий проект».

Документы ТО комплектуются в отдельный том, входящий в состав документации той или иной стадии разработки АСУТП по ГОСТ 34.601–90. Комплектность тома ТО определяется на основании «Технического задания на АСУТП» и договора на выполнение части проекта «Техническое обеспечение АСУТП».

Стадия создания АСУТП «Проектирование» финансируется заказчиком по статье «Проектные и проектно-конструкторские работы» на основании контракта/контрактов (договоров) с организациями-исполнителями проектных работ. Стоимость выполнения проектных работ определяется также по «Справочнику базовых цен» таким образом, как это изложено в разделе 3.3.

В стадию «Проектирование» входит разработка специального программного обеспечения (СПО) путем новой разработки или адаптации программ (этап 6.2 по ГОСТ 34.601–90).

В то же время **основное (базовое) программное обеспечение (ОПО)** приобретается на рынке программных продуктов (этап 6.2 по ГОСТ 34.601–90), его закупка предполагается на стадии «Ввод в действие». Стоимость ОПО включается в смету на создание АСУТП, разрабатываемую на этапах проектных работ.

Закупка осуществляется заказчиком (как правило, это лицензионная продукция) либо у организации-разработчика программного обеспечения, либо у организаций-дилеров, имеющих необходимые лицензии на продажу ОПО.

На практике закупка ОПО производится с опережением с тем, чтобы на его базе разработчик программного обеспечения провел разработку СПО и стендовую отладку всех интегрированных программ, их испытания на имитаторах до выхода на пускающую реальное технологическое объекта

На этапе 7.3 проводится **комплектация АСУТП** средствами автоматизации, вычислительной техники, программно-техническими комплексами (входящими в АСУТП), материалами и информационными изделиями на основании проектных документов технического обеспечения АСУТП.

Строительно-монтажные работы (СМР) по автоматизации и АСУТП (п. 7.4 ГОСТ 34.601-90) выполняют силами специализированных строительных и монтажных организаций. СМР могут выполняться специализированными подразделениями заказчика.

Производство и приемка монтажных работ производится в соответствии СНиП 3.05.07-85 для систем автоматизации и СНиП 3.05.06-85 для электротехнических устройств

Финансирование строительно-монтажных работ осуществляется на основании сметы на приобретение и монтаж оборудования и материалов, выполненной в части «Техническое обеспечение» или «Общесистемные решения» создания АСУТП.

Стоимость производства монтажных работ определяется по СНиП 4.06-91, сборник 11 «Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники» и «РСН на монтаж сборник 8, выпуск 1 и 2, электротехнические устройства».

Монтажные работы начинаются после приемки объекта к производству работ по монтажу, получения от заказчика (или от доверенных заказчиком юридических лиц) оборудования, изделий, материалов, технической документации, оговоренных «Договором на осуществление монтажных работ».

Монтажная организация проводит расконсервацию, входной контроль и временное хранение принятого к монтажу оборудования, изделий и материалов

В завершение монтажных работ проводятся индивидуальные испытания (проверка соответствия смонтированных систем рабочей документации и требования СНиП; проверка трубных проводок на прочность и плотность; проверка изоляции электропроводок), оформленные «Актом о приемке оборудования после индивидуального испытания», к которому прикладывается необходимый производственный документация.

Пусконаладочные работы по АСУТП, в которую включаются также средства автоматизации (СА) и электротехнические устройства, тесно связанные со средствами АСУТП (исполнительные механизмы, приводы регулирующей и запорной арматуры и т. п.), предшествуют пусконаладочным работам на технологическом объекте управления (ТОУ) согласно п. 5 приложение 1 СНиП 3.05.05-84 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы».

К пусконаладочным работам по АСУТП относится комплекс работ, выполняемых в период подготовки и проведения индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования. Оборудование в данном контексте охватывает всю технологическую систему объекта управления, т. е. комплекс технологического и всех других видов оборудования и трубопроводов, электротехнические, санитарно-технические и другие устройства и системы автоматизации и АСУТП, обеспечивающего выпуск первой партии продукции, предусмотренной проектом.

Под периодом **индивидуальных испытаний** понимается период, включающий монтажные и пусконаладочные работы, обеспечивающие выполнение требований, предусмотренных рабочей документацией, стандартами и техническими условиями, которые необходимы для проведения индивидуальных испытаний отдельных машин,

механизмов и агрегатов с целью подготовки оборудования к приемке рабочей комиссией для комплексного опробования.

Под периодом **комплексного сробования** оборудования понимается период, включающий пусконаладочные работы, выполняемые после приемки оборудования рабочей комиссией для комплексного опробования до приемки объекта в эксплуатацию приемочной комиссией.

Генеральная и субподрядная организации в период комплексного опробования оборудования на эксплуатационных режимах обеспечивают дежурство своего инженерно-технического персонала для оперативного привлечения соответствующих работников к устранению выявленных дефектов строительных и монтажных работ (авторский надзор).

Выявленные в процессе пуска, наладки и комплексного опробования оборудования дополнительные, не предусмотренные проектной документацией, работы выполняют заказчик или по его поручению строительные и монтажные организации по документации, оформленной в установленном порядке.

Дефекты оборудования, выявленные в процессе индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования, а также пусконаладочных работ, должны быть устранены исполнителем по заданию заказчика (или предприятием-изготовителем) до приемки объекта в эксплуатацию.

Работы и мероприятия, выполняемые в период подготовки и проведения комплексного опробования оборудования, осуществляются по программе и графику, разработанным заказчиком или по его поручению пусконаладочной организацией и согласованным с генеральным подрядчиком и субподрядными монтажными организациями и при необходимости — с шеф-персоналом предприятия — изготовителей оборудования и персоналом авторского надзора.

Комплексное опробование оборудования осуществляется эксплуатационным персоналом заказчика с участием инженерно-технических работников генерального подрядчика, проектных и субподрядных монтажных организаций, а при необходимости — и персонала предприятий — изготовителей оборудования.

Пусконаладочные работы оплачивает заказчик за счет сводной сметы строительства ТОО, утвержденной в установленном порядке.

Трудозатраты пусконаладочных работ ПНР по АСУТП определяются по Сборнику 2 ГЭСНп 81-04-02-2001 «Государственные элементные сметные нормы на пусконаладочные работы» (далее Сборник).

ГЭСНп отражают среднеотраслевой уровень технологии и организации пусконаладочных работ

ГЭСНп обязательны для применения всеми предприятиями и организациями независимо от их принадлежности и форм собственности, осуществляющими капитальное строительство за счет средств государственного бюджета всех уровней и целевых внебюджетных фондов.

Для строек, финансирование которых осуществляется за счет собственных средств предприятий, организаций и физических лиц, сметные нормы Сборника носят рекомендательный характер.

Нормами учтены затраты труда на производство полного комплекса работ одного технологического цикла пусконаладочных работ по вводу в эксплуатацию АСУТП

в соответствии с требованиями нормативной и технической документации, включая следующие этапы (стадии).

Подготовительные работы, проверка КПТС (КТС) автоматизированных систем:

– проверка соответствия основных технических характеристик аппаратуры требованиям, установленным в паспортах и инструкциях предприятий-изготовителей (результаты проверки и регулировки фиксируются в акте или паспорте аппаратуры, неисправные ПТС или ТС передаются заказчику для ремонта и замены).

Автономная наладка автоматизированных систем после завершения их монтажа:

– проверка монтажа ПТС (ТС) на соответствие требованиям инструкций предприятий-изготовителей и рабочей документации;

– замена отдельных дефектных элементов на исправные, выдаваемые заказчиком;

– проверка правильности маркировки, подключения и фазировки электрических проводов;

– фазировка и контроль характеристик исполнительных механизмов (ИМ);

– настройка логических и временных взаимосвязей систем сигнализации, защиты, блокировки и управления, проверка правильности прохождения сигналов;

– проверка функционирования прикладного и системного программного обеспечения;

– предварительное определение характеристик объекта, расчет и настройка параметров аппаратуры автоматизированных систем, конфигурирование измерительных преобразователей и программно-логических устройств;

– подготовка к включению и включение в работу систем измерения, контроля и управления для обеспечения индивидуального испытания технологического оборудования и корректировка параметров настройки аппаратуры систем управления в процессе их работы;

– оформление производственной и технической документации

Комплексная наладка автоматизированных систем:

– доведение параметров настройки ПТС (ТС), каналов связи и прикладного программного обеспечения до значений (состояний), при которых автоматизированные системы могут быть использованы в эксплуатации, при этом осуществляются в комплексе:

– определение соответствия порядка отработки устройств и элементов систем сигнализации, защиты и управления алгоритмам рабочей документации с выявлением причин отказа или «ложного» срабатывания их, установка необходимых звеньев срабатывания позиционных устройств;

– определение соответствия пропускной способности запорно-регулирующей арматуры требованиям технологического процесса, правильности отработки конечных и путевых выключателей, датчиков положения и состояния;

– определение расходных характеристик регулирующих органов (РО) и приведение их к требуемой норме с помощью имеющихся в конструкции элементов настройки;

– уточнение статических и динамических характеристик объекта, корректировка значений параметров настройки систем с учетом их взаимного влияния в процессе работы;

– подготовка к включению в работу систем для обеспечения комплексного опробования технологического оборудования;

- испытание и определение пригодности автоматизированных систем для обеспечения эксплуатации технологического оборудования с производительностью, соответствующей нормам освоения проектных мощностей в начальный период;
- анализ работы автоматизируемых систем;
- оформление производственной документации, акта приемки в эксплуатацию систем в соответствии с требованиями СНиП;
- внесение в один экземпляр принципиальных схем из комплекта рабочей документации изменений по результатам производства пусконаладочных работ, согласованных с заказчиком.

В нормах Сборника не учтены затраты на:

- пусконаладочные работы, нормы затрат труда, на которые приведены в соответствующих разделах ГЭСНп 2001-01 «Электротехнические устройства», по электрическим машинам (двигателям) электроприводов, коммутационным аппаратам, статическим преобразователям, устройствам питания, измерения и испытаниям повышенным напряжением в электроустановках;
- испытания автоматизированных систем сверх 24 часов их работы в период комплексного опробования технологического оборудования;
- составление технического отчета и сметной документации (по желанию заказчика);
- сдачу средств измерения в госповерку;
- конфигурирование компонентов и экранных форм, корректировку и доработку проектного, математического, информационного и программного обеспечения определяемых на основании нормативов на проектные работы;
- ревизию ПТС (ТС), устранение их дефектов и дефектов монтажа, в том числе допедение изоляции электротехнических средств, кабельных линий связи и параметров смонтированных волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) до норм;
- проверку соответствия монтажных схем принципиальным схемам и внесение изменений в монтажные схемы;
- составление принципиальных, монтажных, развернутых схем и чертежей;
- частичный или полный ремонт шкафов, панелей, пультов;
- согласование выполненных работ с надзорными органами;
- проведение физико-технических и химических анализов, поставку образцовых смесей и т. д.;
- составление программы комплексного опробования технологического оборудования;
- обучение эксплуатационного персонала;
- разработку эксплуатационной документации;
- техническое (сервисное) обслуживание и периодические проверки КПТС (КТС) в период эксплуатации;
- командировочные расходы.

Нормами затрат труда на пусконаладочные работы учитываются:

- категории технологической сложности системы и ее подсистем путем определения и применения коэффициента сложности S ;
- количество каналов связи (передачи данных) формирования входных и выходных сигналов в системе;
- коэффициенты «метрологическая сложность», «развитость информационных функций», «развитость управляющих функций»

По характеристикам сложности системы определяется категория технической сложности — I, II или III и соответствующий коэффициент сложности — 1,000; 1,313; 1,566.

При наличии в системе подсистем различной категории сложности рассчитывается коэффициент сложности C , который, естественно, не может быть более 1,566.

В расчете используются данные по числу каналов связи в каждой из подсистем различной сложности $K_{обс}^I, K_{обс}^{II}, K_{обс}^{III}, K_{обс}^{IV}$.

Канал связи (передача данных) формирования входных и выходных сигналов (канал) — совокупность технических средств и линий связи, обеспечивающих преобразование, обработку и передачу информации для использования в системе.

Каналы разделяются на информационные $K_{и}$ и управляющие $K_{у}$, которые в свою очередь подразделяются на аналоговые и дискретные:

$$K_{и}^A \text{ и } K_{и}^D; K_{у}^A \text{ и } K_{у}^D$$

Общее число каналов в системе:

$$K_{обс}^{\text{общ}} = K_{обс}^{\text{и}} + K_{обс}^{\text{у}}$$

где $K_{и}^{\text{общ}} = K_{и}^A + K_{и}^D$; $K_{у}^{\text{общ}} = K_{у}^A + K_{у}^D$

Характеристика «метрологическая сложность» определяет коэффициент метрологической сложности $M (M_1, M_2, M_3)$ в зависимости от класса точности измерительного преобразователя (датчика), измерительного прибора, работающего в нормальных (паспортных) условиях. Если классы точности в системе различные, то рассчитывается общий коэффициент

$$M < M_3 = 1,51 \quad (M_2 = 1,14; M_1 = 1,00)$$

Коэффициент развитости информационных функций ($I_1 = 1,00$; $I_2 = 1,51$; $I_3 = 2,03$) зависит от факторов развитости информационных функций системы, приведенных в таблице 4 Сборника.

Если в системе имеются различные характеристики информационных функций каналов, то рассчитывается общий коэффициент I .

Управляющие функции системы имеют коэффициенты $Y_1 = 1,00$; $Y_2 = 1,61$; $Y_3 = 2,39$ в зависимости от характеристики фактора развитости системы (таблица 5 Сборника).

Наличие различных управляющих функций требует расчета общего коэффициента Y .

Коэффициенты, учитывающие 2 фактора информационных каналов — M и I , определяют общий коэффициент $\Phi_{и}^M$ по формуле (3) Сборника.

Коэффициент, учитывающий развитость управляющих функций $\Phi_{у}$, рассчитывается по формуле (6) Сборника.

Базовая сметная норма трудозатрат H_0 определяется в зависимости от числа каналов по таблице 02-01-001 для системы I категории сложности, по таблице 02-01-002 для системы II категории сложности, по таблице 02-01-003 для системы III категории сложности.

Для конкретной системы норма трудозатрат рассчитывается по формуле (8) Сборника:

$$H = H_0 \times (\Phi_{и}^M \times \Phi_{у}).$$

Определенные по Сборнику нормы затрат труда пусконаладочного персонала могут быть изменены путем применения коэффициентов, отражающих выполнение ПНР: экспериментальные или уникальные ТОУ; руководство персонала фирмы-поставщика или предприятия – изготовителя оборудования.

Эти коэффициенты применяются к сметным нормам затрат тех этапов работ, на которые действуют перечисленные условия.

Не допускается при определении сметных норм затрат труда искусственное, вопреки проекту, разделение единой АСУТП на локальные подсистемы с определением затрат для каждой локальной подсистемы.

В Сборнике (таблица 6) приведены трудозатраты производственной пусконаладочной бригады исполнителей в зависимости от квалификации и сложности АСУТП в процентах участия в общих трудозатратах.

Расчет стоимости пусконаладочных работ по этапам их выполнения производится ресурсным способом, приведен в таблице (приложение 3 Пр1).

На этапе 7 «Ввод в действие» заказчик, системный интегратор и разработчики АСУТП должны провести подготовку персонала ТОУ к функционированию в условиях действия АСУТП – оперативного и обслуживающего персонала (п. 7.2 ГОСТ 34.601–90).

Разработчики АСУТП корректируют, в случае необходимости, эксплуатационную документацию (ЭД) по результатам предварительных (индивидуальных) испытаний, комплексного опробования, опытной эксплуатации (п. 7.7) и приемочных испытаний (п. 7.8).

Кроме того, разработчики АСУТП могут по особому договору с заказчиком, учитывающим трудозатраты персонала разработчиков, непосредственно находящегося на объекте управления в период ввода АСУТП в действие, проводить авторский надзор за реализацией проектных решений по различным частям обеспечения.

Этап создания АСУТП «Ввод в действие» завершается:

- проведением приемочных испытаний;
- оформлением акта о приемке АСУТП в опытную эксплуатацию;
- проведением опытной эксплуатации;
- оформлением акта о завершении опытной эксплуатации;
- проведением приемочных испытаний;
- оформлением акта о приемке АСУТП в постоянную эксплуатацию.

На основании акта о приемке АСУТП в постоянную/промышленную эксплуатацию бухгалтерия заказчика/пользователя принимает к бухгалтерскому учету активы в качестве основных средств с определенным сроком полезного использования.

К **основным средствам** относятся либо весь программно-технический комплекс АСУТП, либо отдельные комплексы конструктивно сочлененных предметов, являющиеся инвентарными объектами АСУТП.

Пунктом 4 «Положения по бухгалтерскому учету. Учет основных средств» ПБУ 6/01, утвержденному Минфином РФ 30 марта 2001 г. приказом № 26 Н, предполагается, что принятие к бухгалтерскому учету активов в качестве основных средств обуславливается единовременным выполнением следующих условий

а) использование в производстве продукции, при выполнении работ или оказании услуг либо для управленческих нужд организации;

б) использование в течение длительного времени, т. е. срока полезного использования, продолжительностью свыше 12 месяцев или обычного операционного цикла, если он превышает 12 месяцев;

в) организацией не предполагается последующая перепродажа данных активов;

г) способность приносить организации экономические выгоды (доход) в будущем.

Сроком полезного использования является период, в течение которого использование объекта основных средств приносит доход организации. Для отдельных групп основных средств срок полезного использования определяется исходя из количества продукции (объема работ в натуральном выражении), ожидаемого к получению в результате использования этого объекта.

Единицей бухгалтерского учета основных средств является инвентарный объект. **Инвентарным объектом основных средств** признается объект со всеми приспособлениями и принадлежностями или отдельный конструктивно обособленный предмет, предназначенный для выполнения определенных самостоятельных функций, или же обособленный комплекс конструктивно сочлененных предметов, представляющих собой единое целое, и предназначенный для выполнения определенной работы.

Срок полезного действия определяется постановлением Правительства Российской Федерации от 1 января 2002 г. № 1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» (с изменениями на 8 августа 2003 г.).

Для основных средств, возможность применения которых определяется проектно-сметной документацией разработки АСУТП, срок полезного действия может быть определен по справочной таблице 3.Т3.

Например, для аппаратуры и устройств, специализированных для автоматизации технологических процессов (143520580–143520586), — контроллер логический программирующий — срок полезного действия определен свыше 7 лет до 10 лет включительно (5-я группа классификатора).

В то же время затраты на приобретение лицензий на использование программ для АСУТП относятся не к активам основных средств, а к активам нематериальным и подлежат бухгалтерскому учету по «Учету нематериальных активов» (ПБУ 14/2000).

Остановимся на некоторых особенностях финансирования программного обеспечения.

В общем виде, финансирование программного обеспечения АСУТП для капитального строительства обеспечивается как продукция производственно-технического назначения (А. Э. Дроздин, Э. Л. Фияель, Организационные и финансовые аспекты работ по ПО АС для объектов капитального строительства «Промышленные АСУ и контроллеры», 2002, № 07):

– разработка документации ПО – за счет средств, выделяемых на проектные (или проектно-конструкторские) работы;

– приобретение программных средств ОПО, а также изготовление и поставка отлаженных и испытанных программных средств СПО – за счет средств, выделяемых на приобретение оборудования. Как правило, к изготовлению и поставке программных средств (программного продукта) СПО должна привлекаться организация – разработчик программной документации АС,

– пусконаладочные работы на объекте, включая комплексное опробование по холостому ходу – за счет средств, выделяемых на пусконаладочные работы. Для сохранения

общего порядка, принятого при проведении работ по пуску объектов строительства, приобретенный заказчиком программный продукт (программное изделие) передается в пусконаладку через строительно-монтажную организацию как одно из комплектующих ПТК. В связи с тем, что программные продукты относятся к изделиям, требующим только установки в средства ВТ, по решению заказчика возможна передача этих изделий (после приобретения) непосредственно пусконаладочной организацией:

– комплексное опробование под нагрузкой — за счёт средств основной деятельности (цеховой себестоимости).

Таким образом, предлагаемая схема при ее реализации позволит вписать финансирование всех работ по ПО АС в стандартную схему финансирования работ по разработке, изготовлению и вводу в эксплуатацию на объектах капитального строительства продукции производственно-технического назначения.

Стадия 8 «Сопровождение АСУТП» разделяется на два этапа:

– выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами разработчиков по контракту на создание АСУТП;

- послегарантийное обслуживание, которое выполняется по особому контракту на сопровождение АСУТП за счет средств заказчика.

3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ АСУТП

Финансовые аспекты разработки АСУТП рассматриваются с учётом распределения базовой цены разработки проектной документации ПД частей системы — общесистемных решений, организационного, информационного, технического, математического и программного обеспечения. Базовая цена разработки рассчитывается для конкретной АСУТП по «Справочнику базовых цен на разработку технической документации на автоматизированные системы управления технологическими системами управления (АСУТП)», утверждённому Министерством промышленности Российской Федерации и введённому в действие с 15 апреля 1997 г.

Базовая цена установлена Справочником на разработку технических заданий (ТЗ) и разработку проектной документации на АСУТП при двухстадийном проектировании в объёме технических проектов (по СНиП 11-01-95 — проектов или ТЭО) и рабочей документации. Базовая цена установлена по состоянию на 1 января 1995 г. и корректируется с учетом инфляционных индексов в соответствии с информационными письмами Минпрома России и Минстроя России.

Распределение базовой цены двухстадийной разработки ПД по стадиям определяется договором на разработку АСУТП.

Одностадийная разработка ПД на АСУТП оценивается с понижающим коэффициентом 0,8 к базовой цене. При необходимости выделения утверждаемой части проекта для нее на каждую часть ПД применяются понижающие коэффициенты.

Рекомендации определения цены на разработку «Эскизного проекта АСУТП» таковы. Объем документации эскизного проекта определен ГОСТ 34.201-89, а требования к содержанию документов по частям системы — РД 50-34 698-90. Исходя из определенного объема и содержания документации эскизного проекта АСУТП, можно рекомендовать определять базовую цену разработки ЭП как сумму цены ОР,

с коэффициентом до 0,2 от базовой цены разработки общесистемных решений (ОР), и цены ТО, с коэффициентом до 0,12 от базовой цены разработки технического обеспечения АСУТП при двухстадийном проектировании. Понижающие коэффициенты и объем документации эскизного проекта необходимо согласовать с заказчиком эскизного проекта ЭП.

Базовыми ценами Справочника не учтены:

- все виды научно-исследовательских работ (НИР), связанные с созданием автоматизированных систем вообще и данной АСУТП в частности;
- все виды опытно-конструкторских и проектно-конструкторских работ (ОКР и ПКР), связанные с разработкой оборудования АСУТП, за исключением составления исходных требований на разработку оборудования данной АСУТП индивидуального изготовления (например, щитов, пультов),
- разработка имитационного оборудования, стендов и полигонов для отладки и испытаний АСУТП и ее компонентов, тренажеров для обучения персонала АСУТП;
- разработка концепции АСУТП;
- разработка эскизного проекта;
- затраты на служебные командировки;
- затраты на приобретение у владельца авторских прав на использование охраняемых результатов его интеллектуальной деятельности;
- разработка документации смежных частей проекта: строительной, сантехнической, электротехнической, пожарной сигнализации и автоматики, связи и других частей;
- затраты на проведение согласований и экспертиз ТЗ и проектной документации на АСУТП органами государственного надзора, экспертизы и другими органами;
- комплектование АСУТП средствами автоматизации, вычислительной техники, монтажными материалами и др.;
- разработка проектов производства строительно-монтажных работ и организации строительства при создании АСУТП (ППР и ПОС.);
- проведение авторского надзора и оказание технической помощи при вводе в действие АСУТП;
- пусконаладочные и монтажно-наладочные работы (ПНР и МНР),
- экспертиза и приемка документации, разработанной иностранными фирмами; рассмотрение и доработка документации, разработанной иностранными заказчиками; составление спецификаций на материалы, запасные части, узлы и детали, необходимые для эксплуатации АСУТП зарубежного объекта; другие работы по отдельным поручениям генерального поставщика или генерального подрядчика.

Ценами Справочника учтены работы по системам локальной автоматики, включаемым в состав АСУТП. В связи с этим, если цена разработки АСУТП определяется по настоящему Справочнику, то базовая цена проектных работ для строительства объекта, оснащаемого АСУТП, определяемая по «Сборнику цен на проектные работы для строительства» или «Справочнику базовых цен на проектные работы для строительства», должна быть уменьшена на величину предусмотренной в этом Сборнике или Справочнике стоимости работ по проектированию для этого объекта автоматизации технологических процессов (в том числе технологического контроля, технологической сигнализации, технологической диспетчеризации и телемеханизации).

3.4. ТРУДОЕМКОСТЬ РАБОТ, БАЗОВЫЕ И ДОГОВОРНЫЕ ЦЕНЫ РАЗРАБОТКИ АСУТП

Разработка АСУТП с целью создания АТК – автоматизированного технологического комплекса, т. е. совместно функционирующего технологического объекта управления ТОУ и управляющей им АСУТП, может осуществляться для вновь строящегося (проектируемого) объекта управления, а также для действующего объекта. При этом действующий объект управления при создании АСУТП не подвергается или подвергается технологической реконструкции или перевооружению.

Сама АСУТП может быть вновь разрабатываемой, повторно применяемой или действующей на объекте, но подпадающей реконструкции (перевооружению).

На схеме 3.Сх1 указаны возможные варианты, которые возникают при создании АТК. Каждый вариант разрабатывается с определенными трудовыми затратами на создание системы или комплекса АТК.

Трудовые затраты для впервые разрабатываемой АСУТП на вновь проектируемом ТОУ условно принимаются за 100%, т. е. поправочный коэффициент равен 1,0. Трудовые затраты в этом случае оцениваются по основным факторам, определяющим трудоемкость разработки, и устанавливают цену разработки, которая рассчитывается по «Справочнику базовых цен на разработку технической документации на АСУТП», утвержденному Министерством промышленности Российской Федерации 14 марта 1997 г. и введенному с 15 апреля 1997 г. (далее Справочник).

Для повторно применяемой АСУТП вводится понижающий коэффициент на трудовые затраты при создании АСУТП ($K_1 = 0,3 \dots 0,9$). Величина коэффициента к установленным ценам выбирается в зависимости от удельного веса повторно используемых проектных решений в общем количестве проектных решений для АСУТП.

Проектное решение – это описание в текстовой или графической форме объекта проектирования или его части, необходимое для создания (материализации) объекта проектирования и удовлетворяющее заданным требованиям.

Повторно применяемое проектное решение должно быть известным разработчику системы по предыдущим разработкам, а на его использование должно быть разрешение от заказчика предыдущей разработки. Для повторно применяемой АСУТП удельный вес повторно применяемых проектных решений составляет от 10% до 70% общего количества проектных решений. Если же удельный вес повторно применяемых проектных решений выше 70%, то АСУТП следует рассматривать как привязку ранее разработанной АСУТП к данному ТОУ. При этом устанавливается коэффициент K_{11} , равный величине от 0,05 до 0,3 (5.. 30%), который применяется для частей проектной документации, требующих привязки (отметим, что K_{11} для части ТО «Техническое обеспечение» не должен быть менее 0,2 (20%)). Применение K_{11} должно учитывать также затраты на размножение документации АСУТП, привязка которой производится для конкретного объекта ТОУ.

Разработка документации на АСУТП, которая действует, но либо реконструируется, либо технически перевооружается, осуществляется при различных трудовых затратах в зависимости от степени переработки действующей АСУТП, что отражается применением поправочного коэффициента K_{12} в широком диапазоне (от 0,4 до 1,2).

В части 1 таблицы 3.Т4 приведены поправочные коэффициенты к базовой цене, их обозначение, величина коэффициента (диапазон) и условия применения (смотри строки 1.2 + 1.16).

После выбора конкретной величины каждого коэффициента, он может быть вписан в соответствующие графы строки данного коэффициента. Знаком X — отмечены графы, соответствующие части обеспечения, для которых коэффициент не применяется. Знаком * отмечены графы, заполнение которых обязательно при выборе данного коэффициента. Знак ** в графе означает необходимость учета «Примечания» при выборе данного коэффициента.

Коэффициент K_2 , равный 1,2...1,4, применяется при разработке АСУТП, которая в дальнейшем будет тиражироваться для подобных технологических объектов.

Трудозатраты для вновь проектируемого или строящегося ТОО принимаются условно за 100% (коэффициенты, зависящие от типа АСУТП — вновь создаваемые, повторно применяемые, охарактеризованы выше и применяются, соответственно, при использовании конкретного типа АСУТП).

Создание АСУТП на действующем или реконструируемом, технически перевооружаемом, расширяемом ТОО является более сложным процессом проектирования АСУТП в связи с необходимостью частичного или полного использования существующих технологических аппаратов и коммуникаций, существующих кабельных трасс, помещений аппаратных и операторных (которые уже были заняты различным оборудованием и установками), учета других факторов действующего объекта, а также интеграции новых решений и средств АСУТП в уже сложившуюся или изменяемую в связи с реконструкцией, расширением и т. п. алгоритмическую и физическую структуру ТОО

Поправочный коэффициент K_{13} учитывает сложность разработки на действующем или реконструируемом объекте управления и составляет от 1,1 до 1,3. Этот же коэффициент K_{13} распространяется на технологический объект импортной поставки

Коэффициент K_8 (от 1,1 до 1,3) может применяться для разработки АСУТП в составе автоматизированного технологического комплекса, который является экспериментальным объектом или особо важным (важнейшим) объектом строительства.

Таким образом, коэффициенты K_{13} и K_8 служат для учета состояния и значимости (важности) технологического объекта управления (коэффициенты состояния и важности ТОО). Ранее рассмотренные коэффициенты K_3 , K_2 , K_{11} , K_{12} отражают общие требования к АСУТП — ее повторяемость, тиражирование, изменение, привязку, т. е. использование ранее имеющейся или вновь разрабатываемой АСУТП (коэффициенты использования АСУТП). Эти коэффициенты одинаковы для всех частей проектной документации и ТЗ

Все остальные коэффициенты, которые будут рассмотрены ниже, являются коэффициентами разработки конкретной создаваемой АСУТП для конкретного технологического объекта

Коэффициенты $K_{3.1} + K_{3.6}$ применяются для АСУТП, создаваемой за границей РФ, при этом имеются усложняющие факторы и особые требования, которые понятны в таблице без дополнительного пояснения (строки 1.9.1 + 1.9.6).

Особые условия предстоящей эксплуатации АСУТП требуют определенной дополнительной проработки материалов проектной документации на стадии «Техническое задание» и всей документации технического обеспечения АСУТП, что отражается

использованием коэффициентов $K_{101} \div K_{104}$ и также не требуют дополнительных пояснений.

Разработка документации технического обеспечения АСУТП может быть выполнена с применением повышающего коэффициента K_{14} (от 1,5 до 2,0) в случае, если «Техническим заданием на систему» не предусматривается использование программируемых средств вычислительной техники, и не предусматривается разработка математического (МО) и программного обеспечения (ПО)

В зависимости от удельного веса измерительных каналов ИК, подлежащих метрологической аттестации, в общем количестве ИК применяется коэффициент K_{15} (от 1,03 до 1,15). Если АСУТП должна иметь строго регламентированный уровень надежности, когда ее отказы могут привести к остановкам, аварийным ситуациям или катастрофам на технологическом объекте, то при ее создании применяют коэффициент K_{16} величиной от 1,05 до 1,2.

Коэффициенты K_5 и K_6 в сегодняшних условиях применяются редко. K_5 отражает такое положение, когда не требовалось использование технических средств автоматизации, обязательно имеющих необходимые аттестации и сертификаты. Коэффициент K_6 также малоактуален, т. к. большинство АСУТП создается с использованием зарубежных технических средств (средства низовой автоматики, контроллеры, серверы, персональные ЭВМ, источники питания и т. д.). Здесь следует отметить, что многие зарубежные технические средства не только сертифицированы и допущены к применению в Российской Федерации, но сопровождаются технической документацией на русском языке, поэтому использование этих средств не требует дополнительных трудовых затрат на получение, изучение, перевод и т. д. технической документации на средства автоматизации и вычислительной техники.

Использование для сети передачи данных линейных устройств телемеханики, радиосвязи или высокочастотной связи по высоковольтным линиям электропередачи требует дополнительных трудовых затрат при разработке АСУТП, что определяется повышающим коэффициентом K_7 (от 1,1 до 1,2).

В Справочнике отсутствуют формулировки, позволяющие применять повышающий коэффициент K_8 в случае организации сети передачи данных на базе оптического волокна. Вместе с тем, волоконно-оптические линии связи ВОЛС требуют дополнительных работ по их проектированию и использованию в документации как технического обеспечения, так и программного обеспечения АСУТП. Нам представляется, что при применении ВОЛС в АСУТП следует использовать по согласованию с заказчиком коэффициент K_8 для определения трудовых затрат на разработку системы.

Для тех видов обеспечения системы, для которых требуется проработка вариантов построения в соответствии с «ТЗ на АСУТП», следует применить коэффициент K_9 (от 1,05 до 1,3).

И, наконец, только для ТЗ при высоких степенях (IV–VI) развитости управляющих функций, функций с различной степенью оптимизации управления следует использовать повышающий коэффициент K_{10} (от 1,1 до 1,2).

В соответствии с п. 1.10 Справочника «При определении базовой цены с применением нескольких коэффициентов, больших “1”, общий повышающий коэффициент определяется путем суммирования их дробных частей и “1”. При определении базовой цены с применением нескольких понижающих коэффициентов, общий понижающий коэффициент определяется путем их перемножения. В случае применения

одновременно повышающих и понижающих коэффициентов сначала в указанном порядке определяются общий повышающий и общий понижающий коэффициенты, которые затем перемножаются».

Подсчитанный общий поправочный коэффициент по каждой части разработки $K_{\text{оч}}$ записывается в строку 1.17 таблицы 3.74.

Подсчитывать общий поправочный коэффициент таким предписанным образом, на наш взгляд, некорректно

Например, трудозатраты на выполнение разработки АСУТП, рассчитанной на эксплуатацию в условиях повышенного риска, увеличиваются на 30%, для этого применим повышающий коэффициент $K_{10,1} = 1,3$; в то же время разрабатываемая АСУТП является повторно применяемой, и трудозатраты уменьшаются на 30%, коэффициент K_1 установлен 0,7; таким образом, трудозатраты на разработку конкретной АСУТП повышаются с одной стороны, на 30% и на столько же понижаются, с другой стороны, и общий поправочный коэффициент должен быть равен 1.

Однако расчет по Справочнику дает иной результат: $1,3 \times 0,7 = 0,91$, т. е. трудозатраты расчетно, а не фактически занижены на 9%, что противоречит элементарной логике. Следовало общий коэффициент рассчитывать как алгебраическую сумму отклонений трудозатрат от 100%.

В приведенном примере общий поправочный коэффициент составляет:

$$100\% + 30\% - 30\% = 100\%$$

$$\text{или } 1 + (1,3 - 1) + (0,7 - 1) = 1 + 0,3 + (-0,3) = 1 + 0,3 - 0,3 = 1.$$

В более сложном случае должно быть:

$$1 + (1,3 - 1) + (1,05 - 1) + (1,2 - 1) + (0,7 - 1) + (0,9 - 1) = \\ = 1 + 0,3 + 0,05 + 0,2 - 0,3 - 0,1 = 1,25.$$

В то же время по Справочнику в этом случае получаем:

$$(1 + 0,3 + 0,05 + 0,2) \times 0,3 \times 0,1 = 0,0465,$$

что явно нелогично и неразумно, т. к. за 4,65% возможной стоимости разработки АСУТП создать систему нереально.

При расчете по Справочнику не имеет практического смысла применять понижающие коэффициенты, а это именно те коэффициенты, которые должны быть направлены на поощрения использования повторных решений и документов, поощрение привязки ранее разработанной АСУТП. Тем самым Справочник не стимулирует повторное применение уже разработанных АСУТП.

Тем не менее, общий поправочный коэффициент по каждой части разработки (ОР, ОО, ИО, ТО, МО и ПО) должен быть подсчитан (определен) и записан в строку 1.17.

Базовая трудоемкость работ по созданию АСУТП (без поправочных коэффициентов) рассчитывается в соответствии с таблицами 2 и 4 Справочника на основании основных факторов, определяющих трудоемкость разработки. Трудоемкость работ зависит от суммы баллов ΣB_q по факторам Ф1 + Ф10 для каждой части ОР, ОО, ПО, ТО, МО и ПО (строки 2.1.1 + 2.10.14 и 2.11) раздела 2 таблицы 3.74.

При определении основных факторов следует учитывать примечания к таблице, которые касаются факторов Ф3, Ф4, Ф5, Ф6, Ф7, Ф8, Ф9, Ф10

Особое внимание необходимо уделить технологическому объекту управления (ТОУ), скомпонованному из нескольких одинаковых (однотипных, унифицированных) участков, отделений, секций, комплексов. При подсчете баллов по факторам Ф3 и Ф4 для ТЗ и Ф5, Ф9, Ф10 для проектной документации (количество операций, переменных и управляющих воздействий) необходимо использовать поправочные коэффициенты в соответствии с примечанием 4.

Ввиду нечеткого изложения требований этого примечания (формулировка примечания повторяет формулировку в логичного примечания Справочника) приводим пояснение.

Для первого из одинаковых участков определяют число технологических операций и число переменных, управляющих воздействий, характеризующих данный участок (например, 18 и 180 соответственно).

Для второго, третьего и четвертого из одинаковых участков указание числа умножают на коэффициент, соответствующий номеру участка:

$$\begin{aligned} & \text{(операции: } 18 \times 0,8 = 14,4; 18 \times 0,6 = 10,8; 18 \times 0,4 = 7,2; \\ & \text{переменные } 180 \times 0,8 = 144; 180 \times 0,6 = 108; 180 \times 0,4 = 72). \end{aligned}$$

Затем складывают условные числа количества операций и переменных:

$$(18 + 14,4 + 10,8 + 7,2 = 50,4; 180 + 144 + 108 + 72 = 504).$$

Условные числа количества операций и переменных являются фактором, определяющим трудоемкость разработки.

По факторам определяют баллы, как это изложено ниже в п. 2 раздела 3.6. «Порядок расчета цены разработки».

Раздел 3 таблицы посвящен расчету цен – базовой (только с учетом поправочных коэффициентов), разработки с учетом инфляционных процессов в стране, с учетом НДС и объемом выполняемых при разработке АСУТП работ. Ценовой множитель S_3 (строки 3.1.1) приведен в разделе 3 таблицы данной главы для определения цены разработки ТЗ и отдельных частей проектной документации. Ценовой множитель $S_{ТЗ}$ определен по таблице 3, а $S_{ч}$ частей проектной документации по таблице 5 «Справочника базовых цен». Расчет договорной цены приведен ниже.

В строке 3.1.10 указывается договорная цена разработки АСУТП (ТЗ или 2-х стадий проектной документации) с учетом НДС.

В таблице (раздел 4) указаны рекомендуемые пределы в долях единицы распределения базовой цены двухстадийной разработки частей проектной документации по стадиям проектирования – ТП (П) и РД (строки 4.1.1 и 4.1.2), указан также понижающий коэффициент $K_{СТ} = 0,8$, применяемый при одностадийном проектировании (строка 4.2.1) и понижающие коэффициенты для выделения утверждаемой части проекта от базовой цены одностадийной разработки АСУТП (строка 4.3.1).

3.5. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЦЕНЫ РАЗРАБОТКИ

Расчет цены разработки ТЗ или проектной документации АСУТП производится в следующем порядке.

1 По разделу 1 нашей таблицы путем последовательного анализа строк 1.1 + 1.14 определяется применимость и величина поправочных коэффициентов (условия при-

менения и величина коэффициента) для ТЗ и для частей проекта (вертикальные графы ТЗ, ОР, ОО, ИО, ТО, МО, ПО). Установленные коэффициенты K_p согласовываются с заказчиком проекта и записываются в соответствующие строки таблицы. Поправочные коэффициенты рассчитываются, как описано выше, по частям ПД или ТЗ по вертикальным графам, чем определяется общий поправочный коэффициент K_q для каждой части обеспечения АСУТП. Общие поправочные коэффициенты для частей обеспечения могут быть не равны между собой, т. к. поправочные коэффициенты не всегда одинаково применимы к конкретной части обеспечения. Например, коэффициент K_q применим только для ТЗ при IV–VI степенях развитости управляющих функций (функций оптимизации технологического процесса); коэффициент K_q применяется только для обеспечения ТО и ПО; коэффициент $K_{п2}$ — только для ТЗ и ТО и т. д.

2 По разделу 2 таблицы путем последовательного анализа строк 2.1.1 ÷ 2.10.14 намечаются основные факторы, определяющие трудоемкость конкретной разработки $\Phi 1$ ÷ $\Phi 10$.

Здесь необходимо учесть примечания 1 ÷ 4 к таблице. Против выбранного фактора в вертикальных графах соответствующим проектной документации части обеспечения или ТЗ, проставлены баллы. Только определенные баллы по вертикали отмечаются знаком «+» и складываются для части обеспечения или ТЗ в суммы баллов ΣB_q . ΣB_q записываются в графы строки 2.11.

3. В строке 3.1.1 указаны ценностные множители S_q одного балла по ТЗ и частям проектной документации. Как видно, цена одного балла для различной части обеспечения весьма различна (от 1,24 до 6,00 тыс. руб.). Путем перемножения суммы баллов по каждой части проектной документации ΣB_q на соответствующий этой части ценностной множитель S_q определяется базовая цена разработки ТЗ, ОР, ОО, ИО, ТО, МО и ПО ($C_{бq}$):

$$C_{бq} (3.1.2) = \Sigma B_q (2.11) \times S_q (3.1.1) \text{ каждой части.}$$

4. Базовая цена разработки $C_{бq}$ умножается на общий поправочный коэффициент соответствующей части K_q (строка 1.17).

$$C_{кq} = C_{бq} \times K_q (3.1.3 = 3.1.2 \times 1.17).$$

Таким образом, рассчитывается базовая цена разработки каждой из частей (видов) обеспечения АСУТП — $C_{КОР}$, $C_{КОО}$, $C_{КИО}$, $C_{КТО}$, $C_{КМО}$, $C_{КПО}$, которая учитывает дополнительные «не базовые» условия и факторы, влияющие на разработку. Естественно, значения цены различных частей проектной документации на АСУТП различны. Суммированием цен различных частей получают общую базовую цену разработки АСУТП:

$$C_{КО} = C_{КОР} + C_{КОО} + C_{КИО} + C_{КТО} + C_{КМО} + C_{КПО}$$

Аналогично определяется базовая цена разработки ТЗ.

Базовая цена разработки используется при всех расчетах согласованные с заказчиком АСУТП:

- поправочные коэффициенты на особые условия и факторы;
- основные факторы разработки.

Таким образом, определены базовые цены с учетом поправочных коэффициентов разработки «Технического задания ТЗ», частей 2-х стадий и общая базовая цена разработки проектной документации в ценах, установленных на 01.01.1995 г. (строка 3.1.3).

5. Далее следует учесть коэффициент инфляции $K_{\text{инфл}}$ к ценам 1995 г., который ежеквартально устанавливается Госстроем Российской Федерации.

Цена разработки каждой части ПД с учетом коэффициента инфляции

$$C_{\text{инфл ч}} = C_{\text{кч}} \times K_{\text{инфл}} \quad (3.1.5 = 3.1.3 \times 3.1.4),$$

а общая цена разработки является результатом суммирования:

$$C_{\text{инфл ч}} \cdot C_{\text{инфл о}} = \Sigma C_{\text{инфл ч}}$$

$$\text{или } C_{\text{ко}} \times K_{\text{инфл}} \quad (3.1.5 = 3.1.3 \times 3.1.4)$$

6. Цена договорной разработки ТЗ и ПД (две стадии) с учетом НДС (коэффициент $K_{\text{ндс}}$ в строке 3.1.6) указывается в строке 3.1.7 для каждой части ПД:

$$(C_{\text{дч}} = C_{\text{рч}} \times K_{\text{ндс}}) \quad 3.1.7 = 3.1.5 \times 3.1.6).$$

7. Эта цена может быть расчетной ценой разработки, если она согласована с заказчиком. Однако заказчик подчас не соглашается со стоимостью, рассчитанной по Справочнику, и называет иную стоимость разработки. В этом случае желательно не изменять выполненный расчет по Справочнику по ранее согласованным с заказчиком коэффициентам и основным факторам, определяющим трудоемкость разработки. Необходимо, на наш взгляд, ввести коэффициент объема разработки проектной документации $K_{\text{обч}}$, аргументировав его для каждой части ПД уменьшением (или увеличением) объема проектной документации или соответствующим изменением функциональных задач АСУТП.

Коэффициент объема $K_{\text{обч}}$ записывается в строке 3.1.8. Общий коэффициент объема разработки $K_{\text{обо}}$ соответствует среднеарифметическому значению коэффициентов объемов частей ПД:

$$K_{\text{обо}} = \frac{1}{n} \sum_1^n K_{\text{обч}}$$

В строке 3.1.9 записываются цены договорные разработки ТЗ, частей проектной документации ПД и итоговой цены ПД без учета стадийности разработки. Эта цена должна соответствовать цене разработки АСУТП по «Протоколу договорной цены с учетом НДС».

Итоговая, общая договорная цена:

$$C_{\text{дого}} = \Sigma C_{\text{догч}}$$

Общая договорная цена разработки АСУТП приведены в строке 3.1.10. Эта цена указывается во всех договорных (контрактных) документах с указанием того, что цена учитывает НДС.

8. Договорная цена $C_{\text{дого}}$, $C_{\text{догч}}$ определяет стоимость 2-стадийного проектирования и является основой для определения стоимости работ по стадиям, срокам, частям создания АСУТП.

Распределение договорной цены по стадиям проектирования приведено в разделе 4 таблицы.

9. В строке 4.1.1 указаны доли договорной цены, принятой за 1, по частям проектной документации, на стадии «Проект» в строке 4.1.2 — доли на стадии «Рабочая документация».

Эти доли различны для частей проектной документации, они устанавливаются в пределах, указанных в соответствующих строках и графах и записываются в строке ниже предельных значений.

10 При одностадийном проектировании — рабочий проект (строка 4.2.1 таблицы) — ко всем частям документации применяется общий коэффициент 0,8 (п. 2.3.5 СБЦ).

11. При необходимости выделения утверждаемой части в составе одностадийного Р. П. стоимость ее разработки определяется суммой цен одностадийной разработки соответствующих частей проектной документации на АСУТП с применением рекомендуемых понижающих коэффициентов. Понижающие коэффициенты указаны в строке 4 3 1 в соответствии с п. 2.3.6 СБЦ. Понижающие коэффициенты для утверждаемой части также согласуются с заказчиком и записываются в строке ниже рекомендуемых пределов.

12. Согласованные коэффициенты по пп. 9 и 11 записываются соответственно в строки 4.1.1, 4.1.2 или 4 3 1 и служат для определения цены договорной (цены с учетом НДС) разработки ТЗ, частей проектной документации ПД и итоговой, общей цены разработки ПД.

13 Цена разработки проекта (ТЭО) при 2-стадийном проектировании рассчитывается путем умножения договорной (строка 3 1.10) на коэффициент распределения цены $K_{рч}$ (строка 4.1.1) и записывается в строку 4.1.3, общая цена:

$$C_{длр} = \Sigma C_{длрч}$$

Цена разработки рабочей документации при 2-стадийном проектировании рассчитывается аналогично умножением на коэффициент $K_{рлч}$ (строка 4.1.2) и записывается в строку 4.1.4; общая цена РД:

$$C_{вррл} = \Sigma C_{вррлч}$$

14. Цена договорная разработки одностадийной проектной документации определяется путем умножения цены 2-стадийного проектирования (строка 3.1.10) на коэффициент 0,8 и записывается в строку 4.2.2 ($C_{длр}/C_{длрч}$).

15. Цена утверждаемой части (договорная) определяется перемножением цены договорной одностадийного проектирования (строка 4.2.2) на понижающий коэффициент утверждаемой части $K_{уч}$, который может быть различным для частей ПД (строка 4.3.1):

$$C_{длрч} = C_{длр} \times K_{уч} \quad (4\ 3\ 3 = 3.1.9 \times 4\ 3\ 1);$$

цена утверждаемой части всего:

$$C_{длрч} = \Sigma C_{длрч}$$

16 При оценке факторов, при подсчете баллов и определении поправочных коэффициентов следует учитывать примечания к разделам I и 2 таблицы

17. Распределение стоимости (цены) разработки АСУТП внутри организации — исполнителя и между соисполнителями разработки производится с учетом следующего: договорная цена соответствующей проектной документации или ее части (строки 3 1.10, 4.1.3, 4 1 4, 4.2 2, 4.3.2) делится на коэффициент учета налога на добавленную стоимость $K_{нл}$ (строка 3.1.6), который действует на момент заключения договора по разработке АСУТП.

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

ГОСТ 2.601-95	ЕСКД. Эксплуатационные документы.
ГОСТ 19.101-77	ЕСПД. Виды программ и программных документов.
ГОСТ 19.102-77	ЕСПД. Программная документация. Стадии разработки.
ГОСТ 19.105-78	ЕСПД. Общие требования к программным документам.
ГОСТ 19.201-78	ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.301-79	ЕСПД. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.507-79	ЕСПД. Ведомость эксплуатационных документов.
ГОСТ 24.104-85	ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления
ГОСТ 24.202-80	ЕССАСУ. Требования к содержанию документа «Технико-экономическое обоснование создания АСУТП».
ГОСТ 24.206-80	ЕССАСУ. Требования к содержанию документов по техническому обеспечению.
ГОСТ 24.207-80	ЕССАСУ. Требования к содержанию документов по программному обеспечению.
ГОСТ 24.208-80	ЕССАСУ. Требования к содержанию документов стадии «ввод в эксплуатацию».
ГОСТ 24.703-85	ЕССАСУ. Типовые проектные решения. Основные положения.
ГОСТ 34.201-89	ИТ КСАС. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
ГОСТ 34.320-96	ИТ КСАС. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы.
ГОСТ 34.601-90	ИТ КСАС. Автоматизированные системы. Стадии создания.
ГОСТ 34.602-89	ИТ КСАС. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
ГОСТ 34.603-92	ИТ КСАС. Виды испытаний автоматизированных систем.
ГОСТ 27300-87	ИТ КСАС. Информационно-измерительные системы.
СНиП 3.05.05-84	Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
СНиП 3.05.06-85	Электротехнические устройства.
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации.

СНиП 4.06-91	Сборник 11. «Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники».
СНиП 11-01-95	Инструкция о порядке разработки согласования утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
ГЭСНп 81-04-02-2001 сборник 2	Государственные элементные сметные нормы на пусконаладочные работы.
МДС 81-27-2001	Указания по применению государственных элементных норм на пусконаладочные работы.
ПБУ 6/01	Положения по бухгалтерскому учету. Учет основных средств.
ПБУ 14/2000	Положения по бухгалтерскому учету. Учет нематериальных активов
РД 50-34.698-90	Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.
РСН на монтаж	Сборник 8. Выпуск 1 и 2. «Электротехнические устройства». Справочник базовых цен на разработку технической документации на АСУТП.

3.7. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ГЛАВЕ

А. Э. Дроздин, Э. Л. Фидель. Организационные и финансовые аспекты работ по ПО АС для объектов капитального строительства «Промышленные АСУ и контроллеры», № 7, 2002.

3.8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Инвентарный объект основных средств	3.2
Испытания индивидуальные.....	3.2
Канал связи (передача данных)	3.2
Наладка автоматизированных систем:	
автономная	3.2
комплексная.....	3.2
Опробование комплексов.....	3.2
Программное обеспечение:	
основное (базовое)	3.2
специальное	3.2
Проект	3.2
Проктирование двухсгалейное	3.2
Проектное решение	3.4

Работы:

по комплектации	3.2
выполнение в проекте	3.2
сопровождение АСУТП	3.2
подготовительные	3.2
проектные	3.2
пусконаладочные АСУТП	3.2
строительно-монтажные (СМР)	3.2
этап работ	3.2
рабочая документация	3.2
рабочий проект	3.2
рабочие чертежи	3.2
Средство основное	3.2
Срок полезного использования	3.2
Статус «Ввод в действие»	3.2

**РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПО СБОРНИКУ
ПУСКАЛАДОЧНЫХ РАБОТ АСУТП РЕСУРСНЫМ СПОСОБОМ
ПО ГЭС№ 81-04-02-2001**

Пункт А. Категории технической сложности системы (подсистемы), коэффициент сложности системы (подсистемы) (Таблица 1)*

**Категории технической сложности системы (подсистемы) – I,
коэффициент сложности СИ = 1,00**

Одноуровневые информационные, управляющие, информационно-управляющие системы, отличающиеся тем, что в качестве компонентов КТС для выполнения функций сбора, переработки, отображения и хранения информации и выработки команд управления, в них используются измерительные и регулирующие устройства, электромагнитные, полупроводниковые и другие компоненты, сигнальная арматура и т. п. приборного или аппаратного типов исполнения.

**Категории технической сложности системы (подсистемы) – II,
коэффициент сложности СИ = 1,31**

Одноуровневые информационные, управляющие, информационно-управляющие системы, отличающиеся тем, что в качестве компонентов КТС для выполнения функций сбора, переработки, отображения и хранения информации и выработки команд управления, в них используются программируемые логические контроллеры (ПЛК), устройства внутрисистемной связи, микропроцессорные интерфейсы оператора (панели отображения).

Одноуровневые системы с автоматическим режимом косвенного или прямого (непосредственного) цифрового (цифроаналогового) управления с использованием объектно-ориентированных контроллеров с программированием параметров настроек, и для функционирования которых не требуется разработки проектного МО и ПО.

Информационные, управляющие, информационно-управляющие системы, в которых состав и структура КТС соответствует требованиям, установленным для отнесения систем к I-й категории сложности и в которых в качестве каналов связи используются волоконно-оптические системы передачи информации (ВОСПИ).

* Номера формул и таблиц по ГЭС№.

Счетные нормы ГЭС№ 81-04-02-2001, как отмечено в п. 1.6 «Норм», разработаны в соответствии с требованиями государственных стандартов, в частности, ГОСТ 34.603–92 «Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем», стандарты «Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации», «Государственной системы обеспечения единства измерений», 3-й части СНиП «Организация, проектирование и приемка работ», Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М-016-2001) РД 153-34.0-03 150-00, Правил безопасности в газовом хозяйстве (ПБ 12-363-00) Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-170–97) и других Правил и норм органов государственного надзора, технической документации (разрабатываемой – разработкой ПТС или ТС, утвержденной в установленном порядке инструкцией, технологической и проектной документацией, руководящих технических материалов и другой технической документации по проекту, монтажу и эксплуатации ПТС и ТС.

Продолжение прил. 3, Пр1

Системы измерения и (или) автоматического регулирования химического состава и физических свойств веществ.

Измерительные системы (измерительные каналы), для которых необходима по проекту метрологическая аттестация (калибровка).

**Категория технико-экономической сложности системы (подсистемы) – III,
коэффициент сложности СИП – 1,566**

Многоуровневые распределенные информационные, управляющие, информационно-управляющие системы, в которых состав и структура КИТС локального уровня соответствуют требованиям, установленным для отнесения системы ко II-й категории сложности, и в которых для организации последующих уровней управления используются процессорные (РС) или операторские (ОС) станции, реализованные на базе проблемно-ориентированного ПО, связанные между собой и с локальным уровнем управления посредством локальных вычислительных сетей.

Информационные, управляющие, информационно-управляющие системы, в которых состав и структура КИТС (КИС) соответствует требованиям, установленным для отнесения систем ко II-й категории сложности и в которых в качестве каналов связи используются волоконно-оптические системы передачи информации (ВОСПИ).

Пункт Б. Количество каналов в системе и в подсистемах разной сложности (определяется по функциональной схеме автоматизации ТОУ – таблица 2)*

№ п/п	Канал		Число каналов в системе			
	Наименование	Условная обозначения	Категория I СИ = 1,00	Категория II СП = 1,313	Категория III СИП = 1,566	Всего
1	Аналоговый, информационный	$K_{И}^A$				
2	Дискретный, информационный	$K_{И}^D$				
3	Аналоговый, управляющий	$K_{У}^A$				
4	Дискретный, управляющий	$K_{У}^D$				
5	Всего информационных	$K_{И}^{обш}$ (п.1 + п.2)				
6	Всего управляющих	$K_{У}^{обш}$ (п.3 + п.4)				
7	Всего каналов	$K_{кан}^{обш} =$ (п.5 + п.6)				

* $K_{кан}^{обш}$ определяется также ($K_{кан}^{обш} = K_{И}^{обш} + K_{У}^{обш} + K_{СИ}^{обш}$), как сумма каналов каналов групп I, II и I, III.

Продолжение прил. 3. Пр1

Пункт В. Расчетный коэффициент сложности S сложной АСУТП.

$$S = (1 + 0,313 \times K_{\text{II}}^{\text{обн}} : K_{\text{обн}}) \times (1 + 0,566 \times K_{\text{III}}^{\text{обн}} : K_{\text{обн}}), \quad (1)^*$$

где $K_{\text{обн}}$, $K_{\text{II}}^{\text{обн}}$, $K_{\text{III}}^{\text{обн}}$ приняты по строке 7 пункта Б

Пункт Г. Базовые трудовые затраты человеко-часов на производство ПНР систем АСУТП различной сложности

Категория сложности	Количество каналов расчетных $K_{\text{числ}} + K_{\text{доб}}$	Количество каналов всего системы $K^{\text{ит}}$	Коэффициент сложности $K_{\text{осн}} - K_{\text{доб}} - K_{\text{числ}}$	Получен труд, человеко-часов			
				Основной показатель $H_{\text{осн}}$	Дополнительный показатель		Всего $H_{\text{в}} = H_{\text{осн}} + H_{\text{доп}}$
					из канала $H_{\text{кан}}$	всего $H_{\text{доп}} = K_{\text{числ}} \times H_{\text{числ}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
I	до 2			13,40	—		
	3-9			13,40	6,45		
	10-19			65,00	6,30		
	20-39			128,00	6,15		
	40-79			251,00	6,03		
	80-159			492,00	5,88		
	160-319			962,00	5,55		
	320-639			1850,00	5,19		
	640-1279			3510,00	4,41		
	1280-2559			6330,00	3,49		
	Более 2560			10800,00	2,83		
II	до 2			17,60	—		
	3-9			17,60	8,47		
	10-19			85,00	8,30		
	20-39			168,00	8,10		
	40-79			330,00	7,91		
	80-159			646,00	7,71		
	160-319			1263,00	7,29		
	320-639			2430,00	6,81		
	640-1279			4610,00	5,78		
	1280-2559			8310,00	4,58		
	Более 2560			14170,00	3,72		

* См. справку на с. 97.

Продолжение прил. 3.Пр1

1	2	3	4	5	6	7	8
III	до 2			21,00	—		
	3-9			21,00	10,10		
	10-19			102,00	9,80		
	20-39			200,00	9,63		
	40-79			393,00	9,44		
	80-159			770,00	9,20		
	160-319			1506,00	8,70		
	320-639			2895,00	8,12		
	640-1279			5497,00	6,90		
	1280-2559			9913,00	5,47		
	более 2560			16915,00	4,43		
Итого трудозатрат на систему H_{Σ} :							

где $K^{обш} = K_{осн} + K_{доб}$; $K^{обш}$ принимается по п. Б, строка 7. Количество основных каналов $K_{осн}$ выделено жирным шрифтом;

таблица пункта Г «Базовые трудовые затраты человеко-часов на производство ПНР систем АСУТП различной стоимости» составлена на основании таблиц ГЭСНп 02-01-001 (01-20), ГЭСНп 02-01-002 (01-20), ГЭСНп 02-01-003 (01-20).

Пример расчета для одной системы.

Дано: категория сложности системы — II (по пункту А). Количество каналов всего в системе II: $K^{обш} = 99$ (пункт Б).

Расчет:

$$K_{доб} = K^{обш} - K_{осн} = 99 - 80 = 19.$$

$$H_{осн} = 492 \text{ чел/час. } H_{доб} = 19 \times 5,88 = 111,72 \text{ чел/час.}$$

Всего базовые затраты труда на ПНР системы II категории сложности составят

$$H_{\Sigma}^0 = H_{осн} + H_{доб} = 492 + 111,72 = 603,72 \text{ чел/час.}$$

(Округлять не следует, т. к. последуют дальнейшие расчеты с использованием базовых затрат).

Пункт Д. Общие базовые затраты труда на производство ПНР АСУТП.

Пункт Д1

$$H_{\Sigma} = H_{\Sigma}^0 + H_{\Sigma}^1 + H_{\Sigma}^2,$$

при определенных затратах труда по подсистемам с различной сложностью.

Пункт Д2.

$$H_{\Sigma} = H_{\Sigma}^1 \times C, \quad (2)^*$$

* См. столбец к. 97.

Продолжение прил. 3. При 1

при определении затрат труда с общим количеством каналов и определении коэффициента сложности S сложной АСУТП

Пункт Е. Количество информационных каналов различной метрологической сложности

№ п/п	Класс сложности измерительных каналов приборов и т.п. (фактор метрологической сложности канала) (таблица 3 ГСНП) ^а	Виды метрологической сложности		
		Обозначения	Количество	Коэффициент метрологической сложности
1	Ниже или равен 1,0 (1,0 + 2,0...)	$K_{М1}^A$		1,00
2	Ниже 0,2 и выше 1,0 (0,2 + 1,0...)	$K_{М2}^A$		1,14
3	Выше или равен 0,2 (...0,1 + 0,2)	$K_{М3}^A$		1,51
Всего:		$K_{М}^A$		—

где
$$K_{М}^A = K_{М1}^A + K_{М2}^A + K_{М3}^A \quad (4.1)$$

Пункт Ж. Коэффициент метрологической сложности АСУТП:

$$M = (1 + 0,14 K_{М2}^A : K_{М}^A) \times (1 + 0,51 K_{М3}^A : K_{М}^A). \quad (4)^*$$

Пункт З. Количество каналов с различными факторами развитости информационных функций АСУТП (таблица 4)^а

№ п/п	Класс развитости информационных функций ИС (таблица 4) ^а	Класс развитости факторов И		
		Обозначения	Количество	Коэффициент развитости информационных функций ИС
1	Параллельные или централизованные контроль и измерение параметров состояния технологического объекта управления (ТОУ)	$K_{И1}^B$		1
2	То же, что и по п. 1, включая архивирование данных, составление аварийных и производственных (сменных, суточных и т.п.) отчетов, представление трендов параметров, косвенное измерение (вычисление) отдельных параметров ТОУ	$K_{И2}^B$		1,51
3	Анализ и обобщенная оценка состояния процесса в целом и его модели (распознавание ситуации, диагностика аварийных состояний, поиск «узкого» места, прогноз хода процесса)	$K_{И3}^B$		2,03
Всего:		$K_{И}^B$		—

^а См. рисунок в с. 97

Продолжение прил. 3. Прил

где $K_M^{обн} = K_{НИ}^{обн} + K_{ИИТ}^{обн} + K_{ИИУ}^{обн}$ (5.1)*

при этом следует, что $K_{И}^{обн} = K_{И}^{обн}$ (строка 5 пункта Б).

Пункт И. Коэффициент развитости информационных функций АСУТП:

$$И = (1 + 0.51 \times K_{ИИТ}^{обн} : K_{ИИТ}^{обн}) \times (1 + 1.03 \times K_{ИИУ}^{обн} : K_{ИИУ}^{обн}). \quad (5)^*$$

Пункт К. Коэффициент Φ_M^M учета факторов:

«метрологическая сложность – М»; «развитость информационных функций – И»:

$$\Phi_M^M = (0.5 + K_{ИМ}^A : K_{ИМ}^{обн}) \times М \times И, \quad (3)^*$$

факторы, которые учитывает коэффициент Φ_M^M

Обозначение	Величина	По порядку развития	Формула расчета
$K_{ИМ}^A$		Е	(4.1)*
$K_{ИМ}^{обн}$		З	(5.1)*
М		Ж	(4)*
И		И	(5)*

Пункт Л. Количество каналов с различными факторами развитости управляющих функций АСУТП (таблица 5)*

М к/п	Характеристика фактора развитости управляющих функций (У) системы	Канал		
		Обозначение	Количество	Коэффициент развитости управляющих функций системы (У)
1	Одноконтурное автоматическое регулирование (АР) или автоматическое одноконтурное логическое управление (прямодействия, блокировки и т. п.)	$K_{Ю1}^{обн}$		1,00
2	Каскадное и (или) программное АР или автоматическое программное логическое управление (АПЛУ) по «жесткому» циклу, многосвязное АР или АПЛУ по циклу с разветвлениями	$K_{Ю2}^{обн}$		1,61
3	Управление быстропротекающими процессами в аварийных условиях или управление с адаптивной (самообучением и изменением алгоритмов и параметров систем) или оптимальное управление (ОУ) установившимися режимами (в статике), ОУ переходными процессами или процессом в целом (оптимизация в динамике)	$K_{Ю3}^{обн}$		2,39
	Всего:	$K_{Ю}^{обн}$		—

* См. справку на с. 97

Продолжение прил. 3, Пр1

где

$$K_{\text{у}}^{\text{об}} = K_{\text{ИВ}}^{\text{об}} + K_{\text{ИЭ}}^{\text{об}} + K_{\text{ИЭУ}}^{\text{об}} \quad (5.1)^*$$

$$K_{\text{у}}^{\text{об}} - K_{\text{у}}^{\text{об}} \text{ (строка 6 пункта Б).}$$

Пункт М. Коэффициент развитости управляющих функций АСУТП:

$$Y = (1 + 0,61 K_{\text{ИВ}}^{\text{об}} : K_{\text{у}}^{\text{об}}) \times (1 + 1,39 K_{\text{ИЭ}}^{\text{об}} : K_{\text{у}}^{\text{об}}). \quad (7)^*$$

Пункт Н. Коэффициент $\Phi_{\text{у}}$ учета фактора развитости управляющих функций АСУТП:

$$\Phi_{\text{у}} = [1,0 + (1,31 K_{\text{у}}^{\text{об}} + 0,95 K_{\text{у}}^{\text{об}}) \cdot K_{\text{у}}^{\text{об}}] \times Y, \quad (6)^*$$

при этом $K_{\text{у}}^{\text{об}}$, $K_{\text{у}}^{\text{об}}$ и $K_{\text{у}}^{\text{об}}$ определены в пункте Б, соответственно строкам 3, 4 и 7.**Пункт О.** Сметная норма затрат труда H для производства ПНР АСУТП

$$H = H_{\text{б}} \times \Phi_{\text{И}}^{\text{об}} \times \Phi_{\text{у}}, \text{ чел.час,} \quad (8)^*$$

где $H_{\text{б}}$ определен в пункте Д, $\Phi_{\text{И}}^{\text{об}}$ – в пункте К, $\Phi_{\text{у}}$ – в пункте Н.**Пункт П.** Поправочные коэффициенты к сметным нормам производства ПНР АСУТП

При выполнении пусконаладочных работ в более сложных производственных условиях по сравнению с условиями, предусмотренными в сборнике, вследствие чего снижается производительность труда, к сметным нормам затрат труда следует применять коэффициенты табл. 1 Указаний по применению государственных элементных норм на пусконаладочные работы (МДС 81-27-2001)

При выполнении повторных пусконаладочных работ (до сдачи объекта в эксплуатацию) к сметным нормам затрат труда необходимо применить коэффициент 0,537. Под повторным выполнением пусконаладочных работ следует понимать работы, вызванные необходимостью изменения технологического процесса, режима работы технологического оборудования, в связи с частичным изменением проекта или вынужденной заменой оборудования. Необходимость в повторном выполнении работ должна подтверждаться обоснованным заданием (письмом) заказчика

В том случае, если АСУТП создана в составе опытного или экспериментального строительства, либо уникального или особо важного объекта (стройки), к сметным нормам затрат труда применяется коэффициент 1,2.

В том случае, если пусконаладочные работы производятся при техническом руководстве персонала предприятия-изготовителя или фирмы – поставщика оборудования и программ, к сметным нормам затрат труда следует применять коэффициент 0,8.

Указанные коэффициенты применяются к сметным нормам затрат тех этапов работ (соответствующего количества каналов информационных и управления), на которые действуют вышеперечисленные условия. При использовании нескольких коэффициентов их следует перемножать.

Окончание прил. 3, Пр1

Не допускается при определении сметных норм затрат труда искусственное, вопреки проекту, разделение единой автоматизированной системы на локальные подсистемы контроля и управления с определением сметных затрат для каждой локальной подсистемы.

Пункт Р. Нормы затрат труда для производства ПНР АСУТП по категориям исполнителей (таблица 6)*

Категория технической сложности системы	Шифр таблиц ГЭСН	Затраты труда по квалификационным категориям основных исполнителей В											
		Ведущий инженер		Инженер I категории		Инженер II категории		Инженер III категории		Техник I категории		Всего	
		%	чел.час/чел.дн	%	чел.час/чел.дн	%	чел.час/чел.дн	%	чел.час/чел.дн	%	чел.час/чел.дн	%	чел.час/чел.дн
I	02-01-001	10	—	20	—	45	—	20	—	5	—	100	—
II	02-01-002	20	—	20	—	50	—	10	—	—	—	100	—
III	02-01-003	60	—	35	—	5	—	—	—	—	—	100	—
Всего:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—

Затраты труда в человеко-днях (с переводом в человеко-дни) в графе «всего» приняты по пункту О «Сметная норма затрат труда Н для производства ПНР АСУТП» (формула 8*).

Затраты труда по квалификационным категориям основных исполнителей ПНР определяются в процентах от общих затрат (графа «Всего»).

Затраты труда по квалификационным категориям основных исполнителей ПНР в чел.-днях служат исходными данными для составления сметы стоимости ПНР ресурсным способом, (приложение 3 Пр2).

* См. ссылку на с. 97

Приложение 3.Пр2

СМЕТА (ОБРАЗЕЦ)

Предложение к договору №

Форма ЗП-РЗ

Договору, дополнительному соглашению, наряду, заказу

Смета №стоимости пусконаладочных работ
на основе трудозатрат (затрат) организации-исполнителя

Наименование объекта:

Наименование работы:

Стадия. Ввод в действие

Организация-производитель ПНР

Заказчик:

Раздел 1. Определение трудозатрат по выполняемым работам

Наименование единиц работ (услуг)	Исполнители				Средняя зарплата за 1 час (руб.)	Сумма (в руб.)
	Должность	Количество				
		Чел.	Дней	Чел./дней		
1	2	3	4	5	6	7
1. Подготовительные работы, проверка программно-технических средств (25%)	Ведущий инженер					
	Инженер I категории					
	Инженер II категории					
	Инженер III категории					
	Техник I категории					
2. Автономная наладка системы (55%)	Ведущий инженер					
	Инженер I категории					
	Инженер II категории					
	Инженер III категории					
	Техник I категории					
3. Комплексная наладка системы (20%)	Ведущий инженер					
	Инженер I категории					
	Инженер II категории					
	Инженер III категории					
	Техник I категории					
4. Всего (100%)	Ведущий инженер					
	Инженер I категории					
	Инженер II категории					

Окончание прил. 3, Пр2

1	2	3	4	5	6	7
	Инженер III категории					
	Техник I категории					
Итого заработной платы непосредственных исполнителей:						

Раздел 2. Определение стоимости работ, перечень ценных в разделе 1

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Сумма
1	Итого заработная плата непосредственных исполнителей (итог по гр. 7 раздела 1)	руб.	
2	Коэффициент отношения заработной платы основного производственного персонала (непосредственных исполнителей) организации к себестоимости работ (услуг)	ед.	
3	Себестоимость исходя из установленного коэффициента (п. 1/п. 2)	руб.	
3.1	Кроме того, командировочные расходы	руб.	
3.2	Итого себестоимость работ (услуг) с учетом командировочных расходов (п. 3 + п. 3.1)	руб.	
4	Прибыль (п. 3.2 × N %)	руб.	
5	Стоимость работы (п. 3.2 + п. 4)	руб.	
6	Дополнительные затраты, связанные с применением районного коэффициента к заработной плате и выплатой работникам организации льгот, предусмотренных соответствующим законодательством;	руб.	
7	Другие выплаты (доплаты)	руб.	
8	Общая стоимость работы (без налогов) (п. 5 + п. 6 + п. 7)	руб.	
9	Общая стоимость работы, с учетом налога ил добавленную стоимость	руб.	

Сумма стоимости работы по расчету:

Главный инженер проекта

Составитель сметы

Примечания.

1. Графа 5 раздела 1 заполняется в результате определения трудозатрат по ГЭСНп 81-04-02-2001 «Государственные элементные сметные нормы на лусконаладочные работы», сборник 2 «автоматизированные системы управления»

2. В графе 6 раздела 1 приводится средняя зарплата за 1 день исполнителей по категориям оплаты труда, принятой в организации – производителе ПНР.

3. В разделе 2 пункты 2, 4, 6 и 7 – данные устанавливаются исполнителем – организацией производителем ПНР

Создание АСУТП на технологическом объекте и поправочные коэффициенты трудоемкости работ по созданию автоматизированного технологического комплекса



Таблица 3.11

**Перечень основных нормативных документов по стадиям создания АСУТП
(ГОСТ 34.601-90)**

ГОСТ 34.601-90 стадия создания		Вид, категория проектирования	Нормативные документы различных систем		
№	Наименование		БКС АС	ЕСПД	СПДС
1	2	3	4	5	6
—	Обоснование инвестиций	ОИ	ГОСТ 24.202-80 ГОСТ 34.601-90 (раздел 3)	—	
1	Требования к АС	ТР	ГОСТ 24.104-85 ГОСТ 34.201-89	ГОСТ 24.207-80	ГОСТ 24.206-80
2	Концепция АС	КС	РД 50-34.698-90 ГОСТ 34.320-96	—	—
3	Техническое задание	ТЗ	ГОСТ 34.602-89	ГОСТ 19.201-78 ГОСТ 19.102-77	
4	Эскизный проект	ЭП	ГОСТ 34.201-89 ГОСТ 34.601-90	ГОСТ 19.102-77	
5	Технический проект	ТП	ГОСТ 34.201-89	ГОСТ 19.102-77	—
п 2.2	Технорабочий проект	ТРП	ГОСТ 34.601-90	—	—
—	Проект	П	—	—	СНиП 11-01-95
6.1	Рабочая документация	РД(Р)	ГОСТ 34.701-89	—	СНиП 11-01-95
—	Рабочий проект	РП	—	ГОСТ 19.102-77 ГОСТ 19.301-79	СНиП 11-01-95
—	Утверждаемая часть проекта	У	—	—	СНиП 11-01-95
6.2 7.3	Общее программное обеспечение	ОПО	РД 50-34.698-90	ГОСТ 19.101-77 ГОСТ 19.105-78	—
6.2	Специальное программное обеспечение	СПО	РД 50-34.698-90	ГОСТ 19.101-77 РД 50-34.698-90	—
7.1	Подготовка объекта к вводу АС	—	РД 50-34.698-90	РД 50-34.698-90	РД 50-34.698-90
7.2	Подготовка персонала	—	РД 50-34.698-90 ГОСТ 24.104-85	РД 50-34.698-90	РД 50-34.698-90
7.3	Приобретение	—	ГОСТ 24.104-85	ГОСТ 19.101-77	ГОСТ 2.601-55
7.4	Монтаж установки, испытания	МНР	ГОСТ 24.208-80	ГОСТ 19.101-77 ГОСТ 19.301-79	СНиП 3.05.07-85

Описание табл. 3.71

1	2	3	4	5	6
7.5	Проектировка	ГНР	ГОСТ 34.601-90	ГОСТ 19.101-77	СНиП 3.05.05-84 СНиП 3.05.07-85
7.6	Предварительные испытания		ГОСТ 34.603-92 ГОСТ 24.104-85	ГОСТ 19.301-79	СНиП 3.05.07-85
7.7	Эксплуатационная документация	ЭД	ГОСТ 27300-87	ГОСТ 19.507-79	СНиП 3.05.07-85
7.8	Одноразовая эксплуатация	ОЭ	ГОСТ 24.104-85 РД 50-34.698-90		—
7.9	Привязочные испытания	ПИ	ГОСТ 34.603-92 РД 50-34.698-90	ГОСТ 34.603-92	СНиП 3.05.07-85
8.1	Гарантийное обслуживание	—	ГОСТ 34.603-92 РД 50-34.698-90	ГОСТ 34.603-92	ГОСТ 34.603-92
8.2	Послегарантийное обслуживание	—	ГОСТ 34.603-92 РД 50-34.698-90	ГОСТ 34.603-92	ГОСТ 34.603-92

Стадии создания АСУТП по ГОСТ 34.601-90,



Примечания:

1. Номера работ соответствует №№ стадий и этапов работ по таблице ГОСТ 34.601-90

2. Знаком (х) отмечены документы, выполняемые по СПДС

Таблица 3.12

ГОСТ 34.201-89 (табл. 2) и ГОСТ 19.101-77 (табл. 4)

Виды работ			
Приобретение, монтаж изделий	Монтажные работы	Специальные работы	Ввод в эксплуатацию, эксплуатация, обслуживание
7.1 Средства автоматизации (СА) Средства вычислительной техники (СВТ) Кабели, провода, монтажные материалы (ММ) 6.2, 7.1 Общепрограммное обеспечение (ОПО) СЛО	Доставка, хранение 7.4. Размещение, вводный контроль, установка, заземление, доведение, проверка, испытание	(1.3), 7.2 7.5. Пусконаладка Пусконаладочные работы Запуск Проверка работы в отладке	Подготовка персонала объектов Производственные испытания 7.7. Опытная эксплуатация 7.8. Прямые испытания Эксплуатация 8.1. Сохранение, гарантийное обслуживание 8.2. Последующее обслуживание

3 Эконом (2) означены документы, входящие в эксплуатационную документацию

4 Документы могут разрабатываться на стадии РД, в том числе частично

5 ВМ - ведомости материалов

Таблица 3.13

**Справочный классификатор
по срокам полезного действия основных средств АСУТП**

Код ОККОФ	Наименование основного средства	Примечание
3 группа (шагустество со сроком полезного использования свыше 3 лет до 5 лет включительно)		
14 3010210	Средства светоконирования	Включая средства копирования и оперативного размножения
14 3020000	Техника электронно-вычислительная	Включая персональные компьютеры и печатающие устройства к ним; серверы различной производительности; сетевое оборудование локальных вычислительных сетей; системы хранения данных
14 3115030	Трансформаторы электрические силовые малой мощности	
14 3221104, 14 3221105	Радиостанции приемно-передающие переносные, автомобильные и мотоциклетные	
14 3222135	Аппараты телефонные и устройства вспомогательные	Включая аппараты таксофонные и радиотелефоны
14 3312446	Приборы электронизмерительные лабораторные аналоговые переносные комбинированные	
14 3315020	Приборы, аппараты из стекла, кварца и фарфора (приборы для измерения физико-химических свойств материалов, приборы для измерения температуры и влажности, приборы и аппараты количественного и качественного анализа вещества; лаборатории в виде комплектов приборов, аппаратов, оборудования и посуды)	
4 группа (шагустество со сроком полезного использования свыше 5 лет до 7 лет включительно)		
14 3010000	Средства механизации и автоматизации управленческого и инженерного труда	Кроме 14 3010210, 14 3010440
14 3222130	Аппараты и абонентские устройства телефонные	Телефонные факсимильные аппараты, электронные абонентские терминалы; цифровые мини-АТС (сельские, учрежденные, выносные)
14 3222182	Источник питания	Щелочные аккумуляторные батареи на объектах связи

Продолжение табл. 3.73

Код ОККОФ	Наименование объектов-объектов	Примечание
14 3312040	Инструменты и приборы для измерения или проверки количественных характеристик электричества	Кроме 14 3312446, 14 3312541, 14 3312551 (присчисление дополнительно включено с 1 января 2003 года постановлением Правительства РФ от 9 июля 2003 года № 415)
14 3313000	Оборудование для контроля технологических процессов	
14 3319000	Приборы ядерные и радиоизотопные, приборы и аппаратура систем автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации, оборудование специальное для приборостроения	
14 3321010	Приборы оптические общепромышленного и научного назначения (приборы контрольно-измерительные оптико-механические, устройства оптические станков, приборы геодезические, маршейдерские, приборы для спектрального анализа и прочие)	
14 3330000	Часы (кроме бытовых) и приборы времени	Часы специальные и приборы времени (часы морские и авиационные хронометры, секундомеры, хроноскопы, хронографы, счетчики времени, реле времени)
5 группа (наличие со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно)		
14 3120020	Аппаратура электрическая низковольтная (до 1000 В) (выключатели, контакторы, рубильники, реле управления и защиты, пускатели, коммутаторы, усилители магнитные, дроссели управления, вентили распределительные, шнурки осветительные, устройства катодной защиты)	
14 3149000	Источники автономного электропитания слесарные	Кроме 14 3149010
14 3221000	Средства радиосвязи, радиовещания и телевидения, средства радиолокации и радионавигации	Кроме 14 3221104—14 3221105, 14 3221120 (примечание в редакции, введенной в действие с 1 января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2003 года № 415, — см предыдущую редакцию)

Продолжение табл. 3.Т3

Код ОКДФ	Наименование основного средства	Примечание
14 3222010	Аппаратура проводной связи общего применения	Кроме 14 3222101—14 3222105, 14 3222130, 14 3222135, 14 3222140, 14 3222144, 14 3222180, 14 3222210, 14 3222251, 14 3222254, 14 3222260, 14 3222280—14 3222283 (примечание в редакции, введенной в действие с 1 января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2003 года № 415, — см. предыдущую редакцию)
14 3222040	Системы связи оптоволоконные	Аппаратура и оборудование кал оптоволоконных систем дальней связи
14 3312000	Средства измерения общего применения, кроме измерительного оборудования для технологических процессов	Кроме 14 3312040, 14 3312120—14 3312129, 14 3312151, 14 3312162 (примечание в редакции, введенной в действие с 1 января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2003 года № 415, — см. предыдущую редакцию)
14 3520580— 14 3520586	Аппаратура и устройства специализированные для автоматизации технологических процессов	Кроме 14 3520584 (примечание дополнительно включено с 1 января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2003 года № 415, — см. предыдущую редакцию)
6 группа (исчислится со сроком полезного использования свыше 10 лет до 15 лет включительно)		
12 4526080	Сооружения связи	Воздушные линии связи на опорах из непрочитанной древесины; кабельные линии связи с пластмассовой оболочкой на опорах, по стенам зданий и в грунте; оптоволоконные линии связи; кабельные линии радиорезервации; мачты деревянные
14 3112000	Электрогенераторы переменного тока от 0,25 кВт и выше (кроме специальных судовых и крупногабаритных)	
14 3120010	Аппаратура электрическая высоковольтная (более 1000 В) (выключатели, контакторы, разъединители, трансформаторы напряжения, конденсаторы, реле, предохранители, токопроводы, преобразователи тиристорные, приборы полупроводниковые силовые, индуктивные и охлаждаемые)	Кроме 14 3120100—14 3120117, 14 3120140—14 3120147

Окончание табл. 3.73

Код ОККОФ	Наименование основного средства	Примечание
14 3149010	Электростанции передвижные, бензоагрегаты, дизель-генераторы	Кроме 14 3149101, 14 3149114, 14 3149130, 14 3149140
14 3190020	Электрооборудование сигнальное звуковое и визуальное	
14 3222162	Источники питания	Кислотные аккумуляторные батареи закрытого и открытого типа
7 группа <i>(существование со сроком полезного использования свыше 15 лет до 20 лет включительно)</i>		
12 4526080	Сооружения связи	Воздушные линии связи на опорах из пропитанной древесины или железобетонных столбах; кабельные линии связи с металлической оболочкой на опорах или по стенам зданий; кабельные линии связи с металлической оболочкой в грунте
14 3115000	Трансформаторы электрические, преобразователи статические и индукторы	Кроме 14 3115030
14 3120100— 14 3120117, 14 3120140— 14 3120147	Выключатели, контакторы и переключатели переменного тока высокого напряжения, разъединители, короткозамыкатели, отделители, заземлители переменного тока высокого напряжения, трансформаторы напряжения высоковольтные	
8 группа <i>(существование со сроком полезного использования свыше 20 лет до 25 лет включительно)</i>		
14 3131000	Провода и кабели силовые	Кроме 14 3131151, 14 3131154
14 3222260— 14 3222265	Оборудование линий связи дополнительное: оборудование для установки и эксплуатации линий связи	Оборудование линий связи дополнительное (боксы, люки колодезь, коробки и другое)
(код ОККОФ в редакции, введенной в действие с 1 января 2003 года постановлением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2003 года № 415, — см. предыдущую редакцию)		
9 группа <i>(существование со сроком полезного использования свыше 25 лет до 30 лет включительно)</i>		
12 4526080	Сооружения связи	Телефонная канализация; кабельные линии связи с металлической оболочкой в канализации

**Поправочные коэффициенты, трудоемкость разработки ТЗ
распределения цены**

Основание: справочник базовых цен на проектирование

1. Поправочные коэффициенты к установленным базовым

№ строки	Коэффициент к базовой цене			ТЗ	ОР
	Обозначение	Величина	Условия применения		
1.1	K_1	0,3+0,9	АСУТП является повторно применяемой	**	**
1.2	K_2	1,2+1,4	АСУТП разрабатывается с целью тиражирования	*	*
1.3	K_3	1,1+1,2	Исходные требования заказчика к АСУТП предусматривают высокую степень развитости управляющих функций системы	**	—
1.4	K_4	1,05+1,3	АСУТП разрабатывается с учетом нескольких вариантов построения (реализации) системы	—	**
1.5	K_5	1,05+1,2	АСУТП создается с использованием технических средств, находящихся в стадии освоения производства	—	**
1.6	K_6	1,05+1,25	АСУТП создается с использованием зарубежных технических средств	—	**

Таблица 3.74

и проектной документации (в баллах), коэффициенты по стадиям проектирования

технической документации на АСУТП (1997 г.)

Проектная документация					Примечания
ОО	МО	ТО	МО	ПО	
**	**	**	**	**	Величина коэффициента выбирается в зависимости от удельного веса повторно используемых проектных решений в общем количестве проектных решений для АСУТП.
*	*	*	*	*	
—	—	—	—	—	Применяется только для ТЗ при IV–VII степенях развитости управляющих функций АСУТП (см. фактор 2.7.4+ 2.7.7)
**	**	**	**	**	Применяется для частей проектной документации на АСУТП, требующих вариантной проработки, при наличии соответствующего требования в ТЗ
**	**	**	**	**	1. Для ТЗ не применяется. 2. Освоение производства считается законченным при положительных результатах квалификационных испытаний, оформленных протоколом (актом). 3. Величина коэффициента выбирается в зависимости от удельного веса технических средств, находящихся в стадии освоения производства, в общем количестве технических средств АСУТП
**	**	**	**	**	1. Для ТЗ не применяется 2. Применяется при первом использовании разработчиком АСУТП технических средств данного типа. Не применяется в случае применения коэффициента К9,4. 4. Величина коэффициента выбирается в зависимости от удельного веса зарубежных

№ строки	Классификация к базовой цене			ТЗ	СР
	Классификация	Классификация	Условия исполнения		
1.7	K_1	1,1+1,2	АСУТП создается с использованием для сети передачи данных устройств телемеханики, радиосвязи или высокоскоростной связи по высоковольтным линиям электропередачи	—	—
1.8	K_4	1,1+1,3	АСУТП создается в составе автоматизированного техно-логического комплекса (АТК), включенного в план экспериментального строительства либо в перечень уникальных или особо важных (важнейших) объектов (строек)	—	—
1.9	АСУТП создается по смете со следующими условиями и имеют место следующие условия:				
1.9.1	$K_{9,1}$	1,07	Перевод технической документации на иностранный язык	*	*
1.9.2	$K_{9,2}$	1,03	Перевод и использование в процессе разработки АСУТП материалов иностранного заказчика на русский язык	*	*
1.9.3	$K_{9,3}$	1,15	Двойная проверка технической документации, изготовление дубликатов калек, повышенные требования к оформлению и упаковке документации	*	*
1.9.4	$K_{9,4}$	1,25	Применение оборудования и материалов, закупаемых в стране иностранного заказчика или поставляемых из третьей страны	*	*
1.9.5	$K_{9,5}$	1,15	Применение иностранных норм и стандартов на оборудование и материалы	*	*
1.9.6	$K_{9,6}$	1,1	Дополнительные требования к проектной документации при строительстве АТК на подрядных условиях, в том числе составление спецификаций на оборудование и материалы временно до ввода	—	—
1.10	АСУТП создается по смете со следующими условиями и имеют место следующие условия:				
1.10.1	$K_{10,1}$	1,1+1,3	Применение оборудования повышенного риска (взрывоопасное, пожароопасное, взрывопожароопасное, химически опасное; радиоактивно-огневое; ядерно-опасное; биологически опасное)	—	—

Продолжение табл. 3.Т4

Группы документов					Примечания
ТО	МО	ПО	НО	НО	
					технических средств в общем количестве технических средств АСУТП
-	-	*	-	*	1. Применяется только для документации ТО и ПО 2. Принадлежность применяемых технических средств к указанным устройствам определяется их кодами по ОКП
**	**	**	**	**	Включены АТК в план (перечень) должно быть документально подтверждено
ЭК					
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
-	-	*	-	-	Применяется только для документации ТО
КС					
**	**	**	**	**	Применение коэффициента предполагает обязательную проектную оценку надежности системы

№ строка	Коэффициенты по кбд и базисные цены			ТЗ	ОР
	Объем работ	Шкала	Условия и место		
1.10.2	$K_{10.2}$	1,1	Тропический, либо морской, либо холодный климат	*	—
1.10.3	$K_{10.3}$	1,05	Запыленная или агрессивная (коррозионно-активная) окружающая среда	*	—
1.10.4	$K_{10.4}$	1,2	Сейсмичная местность	*	—
1.10.5	$K_{10.5}$	1,07	Частота тока и напряжение в сети электропитания отличаются от установленных стандартами России	*	—
1.10.6	$K_{10.6}$	1,1	Объект управления является удаленным или подводным	*	—
1.11	K_{11}	0,05+0,3	Проектирование АСУТП заключается в принятии ранее разработанной АСУТП (типовой, либо импортной, либо индивидуально разработанной) к условиям конкретного объекта управления	—	**
1.12	K_{12}	0,4+1,2	Разработка технической документации на АСУТП выполняется в связи с ее реконструкцией (техническим перевооружением)	*	*
1.13	K_{13}	1,1+1,3	АСУТП создается на действующем или реконструируемом (расширяемом, технически перевооружаемом) объекте управления или объекте управления импортной поставки	*	*
1.14	K_{14}	1,5+2,0	Реализация АСУТП предусматривается без применения программируемых средств вычислительной техники) есть без разработки МО и ПО)	—	—
1.15	K_{15}	1,03+1,15	В АСУТП предусматриваются измерительные каналы, подлежащие метрологической аттестации	—	**
1.16	K_{16}	1,05+1,2	АСУТП характеризуется строго регламентированным уровнем функциональной надежности, так как ее отказы приводят к остановке объекта	**	**

Продолжение табл. 3.74

Проектная документация					Примечание
ЭО	ПО	ТО	МО	ПО	
—	—	•	—	—	Применяется только для ТЗ и документации ТО
—	—	•	—	—	Применяется только для ТЗ и документации ТО
—	—	•	—	—	Применяется только для ТЗ и документации ТО
—	—	•	—	—	Применяется только для ТЗ и документации ТО
—	—	•	—	—	Применяется только для ТЗ и документации ТО
**	**	**	**	**	1. Применяется для частей проектной документации на АСУТБ, требующая принятия базы документации ТО – не менее 0,3; 2. Цена прочих частей проектной документации определяется затратами на ее размножение
*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	
—	—	**	—	—	Применяется только для документации ТО при наличии соответствующего требования в ТЗ
**	**	**	**	**	1. Для ТЗ не применяется. 2. Величина коэффициента $K_{\text{об}}$ берется в зависимости от удельного веса и меркантильного каналов, подлежащих метрологической аттестации, в общем количестве информационных каналов системы
**	**	**	**	**	1. Не применяется в случае применения коэффициента $K_{\text{об}}$ 2. Применяется коэффициент $K_{\text{об}}$ по продолжению таблицы

№ строки	Коэффициент в базовой цене			Т _с	ОР
	Обозначение	Величина	Условия применения		
1.17	K_{Σ}	ΣK	<p>управления, а может быть — и катастрофам</p> <p>А. Общий повышающий коэффициент = $1 + \Sigma$ дробных частей коэффициентов.</p> <p>Б. Общий понижающий коэффициент = произведение понижающих коэффициентов</p> <p>В. Общий коэффициент = $A \times B$</p>		

* Значениями крайних значений при выборе коэффициентов

** Необходимо учитывать значение:

2. Трудоемкость разработки

№ строки	Коэффициент в базовой цене			Т _с (δ_{Σ})	ОР
	Обозначение	№ табл., пункта СБЦ	Фактор		
	$\Phi 1$	2	Степень научной-технической новизны технологического,		
2.1.1	то же	т.2, п.1.1	I степень — ТОУ имеет действующие аналоги в России и, возможно, за рубежом	1	—
2.1.2	—	т.2, п.1.2	II степень — ТОУ имеет действующие аналоги только за рубежом	2	—
2.1.3	—	т.2, п.1.3	III степень — ни с конструкторской, ни с технологической точек зрения ТОУ не является принципиально новым объектом, но действующих аналогов не имеет	4	—
2.1.4	—	т.2, п.1.4	IV степень — с конструкторской и (или) технологической точек зрения ТОУ является принципиально новым объектом	8	—
	$\Phi 2$	т.2, п.2.1-2.3	Характер прототипа управляемого технологического		
2.2.1	то же	т.2, п.2.1 т.4, п.1.1	Непрерывный (с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной работой сырьевых и реагентных)	1	1
2.2.2	—	т.2, п.2.2 т.4, п.1.2	Полунепрерывный (непрерывный, с существенными для управления переходными режимами, вызванными добавками (заменами) сырья или реагентов либо выходящей продукцией)	2	2

Продолжение табл. 3.Т4

ПРОЕКТИВА ДОКУМЕНТАЦИЯ					Примечание
ОО	НО	ТО	МО	ПО	
					проектируем оценку надежности системы
					Рассчитывается по п. 3.10 «Справочника безвозврато»

ТЭИ разделов в баллах

Проектива документация (Б₀)

Проектива документация (Б ₀)					Примечание
ОО	НО	ТО	МО	ПО	
объекта управления (ТОУ):					
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
процесса во времени:					
1	1	1	1	1	
1	2	1	2	2	

№ строки	Классификатор и базовый дене			ТЗ (Б _г)	ОР
	Символика	№ табл., пункта СБП	Фактор		
2.2.3	Ф ₂	т.2, п.2.3 т.4, п.1.3	Непрерывно-дискретный – I (сочетающий непрерывные и прерывистые режимы на различных стадиях процесса)	4	3
2.2.4	Ф ₂	т.2, п.2.4 т.4, п.1.4	Непрерывно-дискретный – II (сочетающий непрерывные и прерывистые режимы с малой длительностью непрерывных режимов в аварийных условиях)	5	4
2.2.5	Ф ₂	т.2, п.2.5 т.4, п.1.5	Циклический (прерывистый, с существенной для управления длительностью интервалов непрерывного функционирования и циклическим следованием интервалов с различными режимами)	4	3
2.2.6	Ф ₂	т.2, п.2.6 т.4, п.1.6	Дискретный (прерывистый, с малой, несущественной для управления длительностью непрерывных технологических операций)	3	2

4 Ф₄ т.2 п.3

2.3.1	то же	т.2, п.3.1	до 5	1	–
2.3.2	Ф ₃	т.2, п.3.2	св. 5 до 10	2	–
2.3.3	Ф ₃	т.2, п.3.3	св. 10 до 20	4	–
2.3.4	то же	т.2, п.3.4	св. 20 до 35	5	–
2.3.5	Ф ₃	т.2, п.3.5	св. 35 до 50	7	–
2.3.6	Ф ₃	т.2, п.3.6	св. 50 до 70	9	–
2.3.7	Ф ₃	т.2, п.3.7	св. 70 до 100	10	–
2.3.8	Ф ₃	т.2, п.3.8	св. свыше 100	1	–

2.4 Ф₄ т.2 п.4

2.4.1	то же	т.2, п.4.1	до 20	1	–
2.4.2	Ф ₄	т.2, п.4.2	св. 20 до 50	2	–
2.4.3	Ф ₄	т.2, п.4.3	св. 50 до 100	3	–
2.4.4	Ф ₄	т.2, п.4.4	св. 100 до 170	4	–
2.4.5	Ф ₄	т.2, п.4.5	св. 170 до 250	5	–
2.4.6	Ф ₄	т.2, п.4.6	св. 250 до 350	6	–
2.4.7	Ф ₄	т.2, п.4.7	св. 350 до 470	7	–
2.4.8	Ф ₄	т.2, п.4.8	св. 470 до 600	8	–

№ строки	Классификация по величине доли			ТЭ (Б,%)	ОР
	Обозначение	№ табл. пункта СВЦ	Фактор		
2.4.9	—	т.2, п.4.9	св. 600 до 800	9	—
2.4.10	—	т.2, п.4.10	св. 800 до 1000	10	—
2.4.11	—	т.2, п.4.11	св. 1000 до 1300	11	—
2.4.12	—	т.2, п.4.12	св. 1300 до 1600	12	—
2.4.13	—	т.2, п.4.13	св. 1600 до 2000	13	—
2.4.14	—	т.2, п.4.14	за каждые 500 свыше 2000	1	—
2.5	Ф5	т.4, п.2	Количество технологических операций, контролируемых АСУТП	—	—
2.5.1	то же	т.4, п.2.1	до 5	—	1
2.5.2	Ф5	т.4, п.2.2	св. 5 до 10	—	2
2.5.3	то же	т.4, п.2.3	св. 10 до 20	—	3
2.5.4	—	т.4, п.2.4	св. 20 до 35	—	4
2.5.5	—	т.4, п.2.5	св. 35 до 50	—	5
2.5.6	—	т.4, п.2.6	св. 50 до 70	—	6
2.5.7	—	т.4, п.2.7	св. 70 до 100	—	7
2.5.8	—	т.4, п.2.8	за каждые 50 свыше 100	—	1
2.6	Ф6	—	Степень развитости информативных функций АСУТП.	—	—
2.6.1	то же	т.4, п.3.1	I степень — параллельные контроль и измерение параметров состояния ТОО	—	1
2.6.2	—	т.4, п.3.2	II степень — централизованный контроль и измерение параметров состояния ТОО.	—	3
2.6.3	—	т.4, п.3.3	III степень — косвенное измерение (вычисление) отдельных комплексных показателей функционирования ТОО	—	6
2.6.4	—	т.4, п.3.4	IV степень — анализ и обобщенная оценка состояния процесса в целом по его модели (распознавание ситуаций, диагностика аварийных состояний, поиск «узкого места», прогноз хода процесса)	—	9
Ф7	т.4, п.4	—	Уровень развитости автоматических функций АСУТП.	—	—
2.7.1	то же	т.4, п.4.1	I степень — сквозное автоматическое регулирование или автоматическое одноступенчатое логическое управление (переключения, блокировки и т. п.)	—	1

№ строки	Коэффициент в базовом виде			Σ (Б _г)	ОР
	Обозначение	№ п.п. пункта СБУ	Фактор		
2.7.2	Ф7	т.4, п.4.2	II степень — каскадное и (или) программное автоматическое регулирование или автоматическое программное логическое управление по «жесткому» выкладу	—	3
2.7.3	то же	т.4, п.4.3	III степень — многосвязное автоматическое регулирование или автоматическое программное логическое управление по выкладу с разветвлениями	—	5
2.7.4	—	т.4, п.4.4	IV степень — оптимальное управление установившимися режимами (в ступике)	—	6
2.7.5	—	т.4, п.4.5	V степень — оптимальное управление переходными процессами или процессом в целом (оптимизация в динамике)	—	8
2.7.6	—	т.4, п.4.6	VI степень — оптимальное управление быстропротекающими переходными процессами в аварийных условиях	—	9
2.7.7	—	т.4, п.4.7	VII степень — оптимальное управление с адаптацией (самообучением и изменением алгоритмов и параметров системы)	—	10
2.8. Автоматизированные режимы управления					
2.8.1	то же	т.4, п.5.1	Автоматизированный «ручной» режим	—	1
2.8.2	—	т.4, п.5.2	Автоматизированный режим «советчика»	—	1
2.8.3	—	т.4, п.5.3	Автоматизированный диалоговый режим	—	2
2.8.4	—	т.4, п.5.4	Автоматический режим косвенного управления	—	3
2.8.5	—	т.4, п.5.5	Автоматический режим прямого (непосредственного) цифрового (или аналого-цифрового) управления	—	5
2.9. Автоматизированные режимы управления					
2.9.1	то же	т.4, п.6.1	до 20	—	1
2.9.2	—	т.4, п.6.2	св. 20 до 50	—	2
2.9.3	—	т.4, п.6.3	св. 50 до 100	—	2
2.9.4	—	т.4, п.6.4	св. 100 до 170	—	3
2.9.5	—	т.4, п.6.5	св. 170 до 250	—	3

Продолжение табл. 3.Т4

Проектирование (кв.)					Примечание
ОО	НО	ТО	МО	ПО	
2	3	3	3	3	
2	5	5	5	5	
3	7	7	7	7	
4	10	9	11	11	
4	11	10	13	13	
5	12	11	14	14	
ТТ:					
1	1	1	1	1	
1	2	1	2	2	
2	2	2	3	3	
2	3	4	4	4	
3	5	7	7	7	
ТТ:					
1	1	1	1	1	
1	2	2	2	2	
2	3	3	3	3	
2	4	4	4	4	
3	5	5	5	5	

№ строки	Коэффициент к базовой цене			ТЗ (Е _г)	ОР
	Обозначение	№ табл., пункта СБЦ	Фактор		
2.9.6	-	т.4, п.6.6	св. 250 до 350	-	4
2.9.7	-	т.4, п.6.7	св. 350 до 470	-	4
2.9.8	-	т.4, п.6.8	св. 470 до 600	-	5
2.9.9	-	т.4, п.6.9	св. 600 до 800	-	5
2.9.10	-	т.4, п.6.10	св. 800 до 1000	-	6
2.9.11	-	т.4, п.6.11	св. 1000 до 1300	-	7
2.9.12	-	т.4, п.6.12	св. 1300 до 1600	-	8
2.9.13	-	т.4, п.6.13	св. 1600 до 2000	-	9
2.9.14	-	т.4, п.6.14	за каждые 500 свыше 2000	-	1
2.10	Ф10	т.5, п.7	Штатная цена управления климатом в олеострелии, вырабатываемых		
2.10.1	то же	т.4, п.7.1	до 5	-	1
2.10.2	-	т.4, п.7.2	св. 5 до 10	-	2
2.10.3	-	т.4, п.7.3	св. 10 до 20	-	3
2.10.4	-	т.4, п.7.4	св. 20 до 40	-	3
2.10.5	-	т.4, п.7.5	св. 40 до 60	-	4
2.10.6	-	т.4, п.7.6	св. 60 до 90	-	4
2.10.7	Ф10	т.4, п.7.7	св. 90 до 120	-	5
2.10.8	то же	т.4, п.7.8	св. 120 до 160	-	5
2.10.9	-	т.4, п.7.9	св. 160 до 200	-	6
2.10.10	-	т.4, п.7.10	св. 200 до 250	-	7
2.10.11	-	т.4, п.7.11	св. 250 до 300	-	8
2.10.12	-	т.4, п.7.12	св. 300 до 350	-	9
2.10.13	-	т.4, п.7.13	св. 350 до 400	-	10
2.10.14	-	т.4, п.7.14	за каждые 70 свыше 400	-	1
2.11	ΣБ _г	ин. 2, ин. 1.3а, 2.3а	Сумма баллов для ТЗ и для каждой части ПД		

3. Базовая, расчетная и договорная

№ строки	Обозначение	№ табл., пункта СБЦ	Наименование	ТЗ (П _г)	ОР
3.1.1	S _г	табл. 3 и табл. 5	Ценностной множитель 1 (одного балла) (в тыс. руб.)	2,76	2,04
3.1.2	Ц _{БГ}	п. 2.1	Цена базовая разработки ТЗ и частей ПД: Ц _{БГ} = Б _г × S _г (2.11 × 3.1.1)		

Продолжение табл. 3.Т4

Проектная документация (Б ₀)					Примечание
ОО	НО	ТО	МО	ПО	
3	6	6	6	6	
4	7	7	7	7	
4	8	8	8	8	
5	9	9	9	9	
5	10	10	10	10	
6	11	11	11	11	
6	12	12	12	12	
7	13	13	13	13	
1	1	1	1	1	
АСУТП					
1	1	1	1	1	
1	2	2	2	2	
2	3	3	3	3	
2	4	4	4	4	
3	5	5	5	5	
3	6	6	6	6	
4	7	7	7	7	
4	8	8	8	8	
5	9	9	9	9	
5	10	10	10	10	
6	11	11	11	11	
6	12	12	12	12	
7	13	13	13	13	
1	1	1	1	1	

цена разработки в тыс. руб.

Проектная документация (Ц ₀)					Форма расчета Ц ₀	Цена всего (Ц ₀)
ОО	НО	ТО	МО	ПО		
1,24	1,83	4,38	4,92	6,00	—	—
					—	—

№ строки	Обозначение	№ табл., пункта СНиП	Наименование	ТЗ	
				(Ц _г)	ОР
3.1.3	Ц _{кч}	п. 2.1	Цена базовая с учетом поправочного коэффициента К _к (1.17) $Ц_{кч} = Б_ч \times S_ч$ (3.1.2×1.17)		
3.1.4	К _{инфл}	п. 1.17	Коэффициент инфляции к ценам на 01.01.1995 г на «...» квартал 200 г установлен письмом ГОССТРОЯ РФ №... от «...» 200 г.		
3.1.5	Ц _{инфлч}	п. 1.17	Цена разработки с учетом коэффициента инфляции (без НДС): $Ц_{инфлч} = Ц_{кч} \times K_{инфл}$ (3.1.3×3.1.4)		
3.1.6	К _{ндс}	п. 1.2	Коэффициент учета налога на добавленную стоимость НДС		
3.1.7	Ц _{двч}	п. 1.2	Цена договорная разработки ТЗ и 2-х стадий ПД с учетом НДС (без учета К _{обч}): $Ц_{двч} = Ц_{кч} \times K_{инфл}$ (3.1.5×3.1.6)		
3.1.8	К _{обч}	п. 1.15	Коэффициент объема разработки проектной документации (согласовывается с заказчиком)	—	
3.1.9	Ц _{двгч}	п. 1.15	Цена договорная разработки ТЗ и 2-х стадий ПД. $Ц_{двгч} = Ц_{двч} \times K_{обч}$ (3.1.7×3.1.8)		
3.1.10	Всего договорная цена разработки ТЗ и 2-х стадий ПД с учетом НДС				

4. Умножение цены расчетной и договорной цены разработки

№ строки	Обозначение	№ табл., пункта СНиП	Наименование	ТЗ	
				(Ц _г)	ОР
4.1.1	К _{пч}	табл. 6	Коэффициент распределения цены разработки при 2-стадийном проектировании, проект (ТЭО)	—	0,7–0,8
4.1.2	К _{рдч}	табл. 6	То же, рабочей документации	—	0,2–0,3
4.1.3	Ц _{дпч}	п. 2.3.4	Цена договорная разработки проектов (ТЭО) при 2-стадийном проектировании. $Ц_{дпч} = Ц_{дч} \times K_{пч}$ (3.1.9×4.1.1)		
4.1.4	Ц _{дрдч}	п. 2.3.4	То же, рабочей документации $Ц_{дрдч} = Ц_{дч} \times K_{рдч}$ (3.1.9×4.1.2)		
4.2.1	К _{ст}	п. 2.3.5	Коэффициент, понижающий при одностадийном проектировании (рабочий проект)	—	0,8

Продолжение табл. 3.74

Этапы проектирования (ПД)					Формы расчета Π_0	Цена всего (Π_0)
ОО	НО	ТО	МО	ПО		
					$\Pi_{НО} = \Sigma \Pi_{НОЧ}$	—
					$K_{инв.} =$	—
					$\Sigma \Pi_{инв.О} = \Sigma \Pi_{инв.Ч}$	—
					$K_{НДС} =$	—
					$\Pi_{ДО} = \Sigma \Pi_{ДОЧ} =$ $= \Pi_{инв.О} \times K_{НДС}$	—
					—	—
					$\Pi_{ДОГО} = \Sigma \Pi_{ДОГЧ}$	—
					$\Pi_{ДОГО}$	—

в тыс. руб. ПД АСУТП в долях по стадиям проектирования

Нормативные индексы (ПД)					Формы расчета Π_0	Цена всего (Π_0)
ОО	НО	ТО	МО	ПО		
0,3–0,4	0,4–0,5	0,4–0,5	0,8–0,9	0,1–0,2	—	—
0,6–0,7	0,5–0,6	0,5–0,6	0,1–0,2	0,8–0,9	—	—
					$\Pi_{ДОГО} = \Sigma \Pi_{ДОГЧ}$	—
					$\Pi_{ДОГО} = \Sigma \Pi_{ДОГЧ}$	—
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	$K_{СТ} = 0,8$	—

№ строки	Обозначение	№ табл. пункта СБП	Наименование	З	ОР
4.2.2	$\Pi_{\text{пдч}}$	п. 2.3.5	Цена договорная разработки одностадийной проектной документации ПД $\Pi_{\text{дпч}} = \Pi_{\text{пдч}} \times K_{\text{ст}}$ (3.1.9×4.2.1)	—	
4.3.1	$K_{\text{уч}}$	п. 2.3.6	Коэффициент, понижающий утверждаемую часть проектной документации ПД	—	$(0,65-0,75) \times 0,8$
4.3.2	$\Pi_{\text{дуч}}$	п. 2.3.6	Цена договорная утверждаемой части проектной документации ПД $\Pi_{\text{дуч}} = \Pi_{\text{дч}} \times K_{\text{уч}}$ (3.1.9×4.3.1)	—	

Примечания:

1. Для АСУТП верхнего уровня и многоуровневой АСУТП:

а) при оценке фактора $\Phi 3$ количество технологических операций, выполняемых на участке ТОУ, оснащенный своей АСУТП, принимается равным 1;

б) при оценке фактора $\Phi 4$ количество переменных, характеризующих участок ТОУ, оснащенный своей АСУТП, принимается равным количеству переменных, формируемых в этой АСУТП для передачи на вышележащий иерархический уровень создаваемой АСУТП;

в) при оценке фактора $\Phi 5$ количество технологических операций, выполняемых на участке ТОУ, оснащенный своей АСУТП, принимается равным 1

2. При подсчете баллов по факторам $\Phi 6$, $\Phi 7$ и $\Phi 8$ по каждому из них берется оценка, соответствующая наивысшей степени развитости и автоматизации функций АСУТП.

Окончание табл. 3.14

Проектная документация (Ц)					Форма расчета Ц _с	Цена всего (Ц _с)
ОО	ИО	ТО	МО	ПО		
					$Ц_{доо} = \sum Ц_{дооч} =$ $= Ц_{доо} \times K_{ст}$	—
$(0,15-0,25) \times$ $\times 0,8$	$(0,20-0,30) \times$ $\times 0,8$	$(0,25-0,35) \times$ $\times 0,8$	—	—	—	—
			—	—	$Ц_{дуо} = \sum Ц_{дуоч}$	—

3. Если для измерения или контроля переменной в качестве источников информации используются несколько отдельных конструктивно законченных устройств (изделий), то при оценке фактора Ф9 они все должны учитываться.

4. В случае создания АСУТП для ТОО, скомпонованного из нескольких одинаковых (однотипных, унифицированных) производственно-технологических подобъектов (участков, отделений, секций, комплексов), при подсчете баллов по факторам Ф3, Ф4, Ф5, Ф9 и Ф10 количественная оценка этих факторов производится с применением следующих поправочных коэффициентов:

порядковый номер подбъекта ТОО	1	2	3	4	5-й и более
поправочный коэффициент	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2

ГЛАВА 4. КОНТРАКТ

	Лист
4.1 Проектирование как процесс	4-1
4.2. Требования к проекту	4-1
4.3. Анализ контракта	4-3
4.4. Анализ исходных материалов	4-4
4.5. Комментарий к блок-схеме «Анализ исходных материалов (ИМ) для заключения контракта»	4-6
4.6. Подготовка и оформление контракта.....	4-7
4.7. Комментарий к блок-схеме «Порядок подготовки и оформления контракта»	4-8
4.8. Контракт	4-10
4.9. Контракт с исполнителем	4-10
4.10. Изменения исходных материалов и контракта.....	4-11
4.11. Завершение работ по контракту	4-11
4.12. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе ..	4-12
4.13. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	4-12
Перечень схем	
4.Сх.1. Анализ исходных материалов (ИМ) для заключения контракта.....	4-13
4.Сх.2. Порядок подготовки и оформления контракта (4 листа).....	4-14

4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ПРОЦЕСС

Процесс проектирования — определенным образом упорядоченный набор шагов, которые необходимо проделать для достижения цели: разработки или переработки ранее выполненного проекта.

Если проект впервые разрабатывается для ТОО, то в этом случае процесс проектирования заключается в создании проекта из требований. В случае если проект завершен и сдан в архив, любая его доработка является процессом приспособления проекта к новым или изменившимся требованиям. Разработка и последующие доработки проекта (главным образом, в процессе его реализации или эксплуатации объекта, введенного в действие по проекту) составляют жизненный цикл проекта.

Цель проектировщика состоит в том, чтобы гарантировать высокое качество проекта, отвечающего потребностям конечных пользователей (производителей строительно-монтажных и пусконаладочных работ и эксплуатационного персонала), в пределах согласованного временного графика и выделенного бюджета.

Процесс проектирования — итеративный процесс (**итерация** — лат. *Iteratio* — повторение: неоднократно повторяющееся образование новой функции из данной функции). Создавать в настоящее время сложные АСУТП последовательно, т. е. сперва определить все требования, **затем** принять все проектные решения, выполнить проект и сдать его в монтаж и пусконаладку — невозможно. Итеративный подход позволяет улучшить понимание требований путем последовательного усовершенствования решений и с приращением конкретизировать эффективные проектные решения. Такой подход обеспечивает большую гибкость при учете новых требований и позволяет проектировщику идентифицировать и разрешать риски.

Процесс проектирования — управляемый процесс. Итерационный подход определяет управление требованиями и управление изменениями, чтобы в приемлемое время гарантировать общее понимание принимаемых проектных решений, ожидаемый уровень качества, гарантировать экономичное управление затратами на проектирование, комплектацию и внедрение проекта в сроки, определенные графиками выполнения связанных работ.

4.2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ

Работа проектной организации по созданию АСУТП начинается до заключения договора/контракта на выполнение этих проектных работ. **Без должного понимания требований заказчика к системе, общероссийских и отраслевых нормативно-технических документов невозможно (во всяком случае, крайне сложно):**

- подготовить «Технические условия на выполнение проектных работ» по системе (приложение к договору);
- классифицировать взрыво- и пожароопасные зоны, категории и группы взрывоопасных смесей, санитарные характеристики технологического процесса;
- определить по «Справочнику базовых цен на разработку технической документации на АСУТП» цену выполнения проектных работ;
- наметить группу специалистов на выполнение работ;

– определить продолжительность выполнения группой (и организацией в целом) проектных работ.

В процессе проведения обзорного анализа договора/контракта рассматриваются и согласовываются основные требования к разрабатываемой АСУТП. Причем рассмотрение требований представляет собой итеративный процесс, что наглядно видно из схемы «Организация проведения обзорного анализа договора». В схеме определены участники и этапы итеративного процесса при получении и рассмотрении должностными лицами проектной организации, участвующими в анализе договора, исходных материалов заказчика, в которых изложены требования к АСУТП. Требования и исходные материалы по созданию АСУТП рассматриваются в главе 5.

Целью анализа контракта является достижение четкости и однозначности определений требований контракта к продукции и оценка возможности предприятия выполнить эти требования.

В данном разделе и далее по тексту используется ряд терминов.

Контракт – в юридическом значении означает всякий договор, соглашения, устанавливающие обязанности для обеих сторон и обусловленные сроками.

Анализ контракта – систематическая деятельность, предпринимаемая исполнителем до подписания контракта, чтобы убедиться, что **требования к проекту** точно определены, избавлены от двусмысленности, документально оформлены и могут быть выполнены исполнителем.

Анализ контракта является обязанностью исполнителя, но может быть выполнен совместно с заказчиком.

Анализ контракта может быть повторен на различных стадиях, если это необходимо.

Исполнитель – организация, которая выполняет работы (услуги, проектно-сметные документы и др.) по контракту с заказчиком

Заказчик – получатель продукции, поставляемой исполнителем.

Субисполнитель – организация, поставляющая продукцию исполнителю.

Примечание 1. В определенной ситуации организация может быть одновременно исполнителем, субисполнителем и/или заказчиком.

Примечание 2. Заказчик на практике может быть одновременно заказчиком и/или исполнителем.

Требование – условие или возможность, которой должна соответствовать система.

Требование к проекту – выражение определенных потребностей или их перевод в набор количественно и качественно установленных требований к характеристикам объекта, чтобы дать возможность их реализации и проверки.

Существенно, чтобы требования к проекту полностью отражали установленные и предполагаемые потребности заказчика

Термин «требование» охватывает рыночные и контрактные требования организации. Они могут быть разработаны, детализированы и актуализированы на различных этапах проектирования.

Заданные количественные требования к характеристикам включают, например, номинальные значения, относительные значения, предельные отклонения и допуски.

Требования к проекту должны быть выражены не в начальной стадии в функциональных терминах и документально оформлены.

Требования общества — обязательства, вытекающие из законов, инструкций, правил, кодексов, уставов и других соображений.

«Другие соображения» включают защиту окружающей среды, здоровье, безопасность, надежность, сохранение энергии и естественных ресурсов.

При определении требований к качеству должны учитываться все требования общества.

Требования общества включают юридические и нормативные требования. Они могут меняться от одной области применения юридических актов к другой.

Безопасность — состояние, при котором риск вреда (персоналу) или ущерб ограничен допустимым уровнем.

4.3. АНАЛИЗ КОНТРАКТА

К анализу контракта привлекается значительное число должностных лиц и специалистов организации.

Ответственность за качественный анализ исходных материалов заказчика, документов и данных заказчика, нормативно-технической документации, подготовку технических требований к контракту распределяется между несколькими специалистами и должностными лицами.

При этом каждое должностное лицо более высокого ранга принимает на себя всю ответственность за качество документа, подготовленного лицом меньшего ранга.

Руководитель организации несет ответственность за утверждение, изменение и отмену контрактов.

Должностные лица организации в соответствии с распределением функциональных обязанностей по анализу контракта отвечают за:

- подготовку предложений и контакты с заказчиками на стадии маркетинга;
- ведение переговоров с заказчиками;
- разработку предконтрактного соглашения;
- организацию обзорного анализа контракта;
- установление нормативов по технической подготовке предложений на выполнение работ по требованиям заказчика;
- координацию технической подготовки предложений;
- изучение проектной документации и/или обследование объекта, на котором будут выполняться контрактные работы;
- составление контракта с заказчиком;
- составление связанных с контрактом графиков и технических условий выполнения работ, их анализ;
- связанное с контрактом планирование и координацию деятельности персонала при выполнении контрактных обязательств;
- обеспечение выполнения организацией контрактных сроков;
- подготовку изменений контракта.

4.4. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При поступлении от заказчика исходных данных заказчика (технических материалов) на производство работ по контракту (проектирование, инжиниринг, комплектация и др.) осуществляется их анализ.

Исходные материалы – это набор изложенных заказчиком характеристик объекта и требований к нему, который необходимо выполнить исполнителю в процессе реализации контракта с целью удовлетворения установленных и предполагаемых требований.

Характеристики объекта и требования к нему являются ответами на вопросы «опросного листа», переданного исполнителем заказчику при подготовке контракта; «опросный лист может заполнять исполнитель по результатам рабочих бесед/совещаний со специалистами заказчика.

Исходные материалы должны быть утверждены заказчиком и официально направлены исполнителю.

Они служат для формирования планового уровня качества, с учетом применяемых требований, которые установлены законодательно и регламентируют качество проекта.

Исходные материалы заказчика содержат:

- краткое описание объекта;
- основные функции и параметры объекта;
- требования к комплектации оборудования и материалов;
- сроки окончания общестроительных и монтажно-технологических работ по технологическим линиям, узлам и блокам;
- предложения по срокам выполнения работ по контракту;
- описание границ взрывоопасных и пожароопасных зон, категорий, групп и наименований взрывоопасных смесей;
- сведения о взрывопожарной и пожарной опасности, санитарная характеристика зданий и помещений, зон и наружных установок по форме приложения 2 РД 09-251-98.
- особые или дополнительные требования по качеству выполнения проектных работ по контракту.

Идентификация проектных помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной опасности помещений и зданий (НПБ 405-03)	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных помещений по санитарной характеристике (СНиП 2.09.04-87)	Категория пожароопасности
		класс взрывоопасности	категория и группа взрывоопасных смесей	наименование вещества, определяющего категорию и группу взрывоопасных смесей		
1	2	3	4	5	6	7

При получении исходных материалов заказчика (ИМЗ) главный конструктор системы, главный инженер проекта, менеджер проекта – должностное лицо исполнителя, назначенное приказом по организации исполнителя (на схеме обозначен индексом ОМ – «Отдел менеджмента») обеспечивает в организации (возможно с привлечени-

ем субисполнителей) проведение специалистами исполнителя анализа материалов с целью определения и задания требований к качеству выполнения работ.

При этом исполнитель (специалисты производственных подразделений) проводит:

- проверку однозначности исходных материалов заказчика;
- проверку соответствия исходных материалов заказчика установленным или предполагаемым нормам;
- проверку полноты и соответствия исходных материалов требованиям и потребностям заказчика;
- проверку способности организации выполнить заказ с достижением планового уровня качества в планируемые сроки;
- согласование с заказчиком выявленных разногласий;
- документальное оформление анализа исходных материалов заказчика, возможно приложениями к контракту.

Исполнитель при анализе исходных материалов обязан провести анализ документации по смежным частям проекта объектов (при подготовке контрактов на выполнение проектных работ), а в случае необходимости обследование действующего объекта.

Исполнитель обязан согласовать с заказчиком:

- условия комплектования объекта приборами, средствами автоматизации и вычислительной техники, электротехническими устройствами, изделиями и материалами поставки заказчика;
- сроки предоставления заказчиком исполнителю необходимой документации на выполняемый объем работ на объекте и по смежным частям проекта объекта;
- сроки выполнения работ с увязкой их со сроками поставки оборудования, проведения строительно-монтажных работ и ввода объекта в эксплуатацию;
- требования заказчика по технологическому объекту в части:
 - взрыво- и пожароопасности;
 - экологической безопасности;
 - топологии;
 - электро- и энергоснабжения;
 - условий внесения изменений в контракт;
 - других требований заказчика.

Последовательно путем рассмотрения исходных материалов и требований заказчика с возможными доработками, дополнениями и изменениями исходных материалов и, в случае необходимости, повторного их рассмотрения, организация-исполнитель устанавливает понимание ожидаемых заказчиком функциональных возможностей системы.

Ход действий по анализу исходных материалов показан на блок-схеме 4.Сх1, к которой приведен комментарий 4.5.

Рассмотренные и согласованные исполнителем (с возможными изменениями) исходные материалы направляются заказчику для утверждения.

Заказчик проводит итерацию полученных материалов и вправе вновь изменить требования к системе.

Подобные действия между заказчиком и исполнителем продолжаются до тех пор, пока между ними не установится консенсус общего единого понимания взаимоприемлемых требований к АСУТП.

4.5. КОММЕНТАРИЙ К БЛОК-СХЕМЕ «АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ИМ) ДЛЯ ЗАКЛЮЧЕНИЯ КОНТРАКТА»

Блок-схема базируется на планшете, состоящем из 16 строк (01, 02, ..., 16) и 9 вертикальных граф, 8 из которых соответствуют участникам проведения анализа (заказчик или генеральный проектировщик, исполнитель, субподрядчик); графы «исполнитель» выделяют руководителей и подразделения исполнителя (секретариат, финансовый и технический руководители, отдел менеджмента (ОМ), производственные подразделения (ПП), архив)

Девятая графа содержит номера строк планшета. Номера строк используются при описании и чтении блок-схемы.

Три вертикальные пунктирные линии соответствуют:

- между графами «Заказчик» и «Исполнитель» – так называемой «горячей линии диалога между заказчиком и исполнителем»;
- между графами «Финансовый руководитель» и «Технический руководитель» – «горячей линии внутренних согласований» (внутри организации исполнителя);
- между графами «Исполнитель» и «Субподрядчик» – «горячей линии связи с субподрядчиком».

В распоряжения «горячей линии»:

- личная встреча;
- памятная или служебная записка,
- почтовое отправление;
- телефон;
- факс;
- электронная почта.

Заказчик/генеральный проектировщик при письме ПЗ направляет исходные материалы ИМЗ для заключения контракта (строка 01)

Полученные документы последовательно передаются секретариатом исполнителя финансовому и техническому директору. Оба руководителя проводят предварительный анализ материалов (строка 02), определяют возможность организации по выполнению предлагаемой работы (прогнозирование объемов работ по видам обеспечения, занятость производственного персонала, готовность персонала к выполнению работ по ИМ, необходимость привлечения соисполнителей на виды обеспечения системы, возможные сроки проведения проектных работ и т. п.). При положительном выводе о возможности проведения проектных работ один из вышеперечисленных руководителей (у нас – финансовый) по согласованию с другим руководителем, отделом менеджмента (в частности, конкретно со специалистом-менеджером, предлагаемым руководителем проекта – ГИПом), а в случае необходимости с руководителями производственных подразделений и с заказчиком – готовит служебную записку о назначении ГИПа (строка 03). Текст приказа (строка 04) проверяется финансовым директором. Приказ подписывает генеральный директор, регистрацию его проводит секретариат (или отдел/группа кадров) (строка 05).

Исходные материалы заказчика передаются в отдел менеджмента – ГИПу (строка 06), проверяются на полноту исходных требований, для определения необходимости дополнений и уточнений ИМ. ГИП может инициировать итерацию, т. е. пол-

торное рассмотрение ИМ с руководителем организации на возможность дальнейшего анализа материалов, имеющих выявленные несоответствия или необходимость получения от заказчика недостающих материалов и требований (возврат от строки 07 к строке 02).

ГИП в случае достаточности ИМЗ для проведения их анализа передает исходные материалы на рассмотрение и согласование в производственные подразделения и направляет ИМ субподрядчику/субподрядчикам

Проведя необходимый анализ, исполнители видов работ служебными записками (ЗЗ) (строки 09 и 10) согласовывают части ИМ с дополнениями и изменениями или без них. Внутри подразделений возможен итеративный процесс подготовки и визирувания/подписания служебных записок. Между подразделениями исполнителей и соисполнителей возможны уточнения и согласования по «горячим линиям» диалога (горизонтальные стрелки до пунктирных линий соответствующих согласований).

Отдел менеджмента, получив ряд ЗС (строка 11), анализирует предложения исполнителей (возможен итеративный вариант анализа – строки 12 и 08), готовит сопроводительное письмо и согласованные материалы (строка 13), проверяет их (строки 14 и 13), передает на визирувание и подписание руководителям организации (строка 15).

После необходимого оформления эти документы ПС и ИМС через секретариат официально направляются заказчику/генеральному проектировщику (строка 16). Заказчик в свою очередь анализирует полученные материалы и имеет возможность согласовать и принять их без изменений или вновь направить исполнителю, дополнив или изменив часть требований к системе (волнистая линия между строками 16 и 01).

Варианты согласования ИМ исполнителем таковы:

1. требования к АСУТП и ее разработке изложены в ИМ, дополнений и изменений не требуется;
2. требования к АСУТП следует уточнить и/или дополнить;
3. требования к АСУТП недостаточно понятны и исполнитель сможет их согласовать после обследования технологического объекта управления специалистами исполнителя

4.6. ПОДГОТОВКА И ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРАКТА

Исполнителем проводится подготовка и оформление контракта на выполнение работ по созданию АСУТП, что показано на блок-схеме 4.Сх2, в комментарий приведен в 4.7. Главный конструктор системы, главный инженер проекта, менеджер проекта – должностное лицо исполнителя, назначенное приказом по организации исполнителя (на схеме обозначен индексом ОМ – «отдел менеджмента») обеспечивает в организации (возможно с привлечением субисполнителей) подготовку проекта контракта.

Подготовка контракта также представляет собою итеративный процесс, при котором специалисты-разработчики различных частей обеспечения АСУТП, получив «задания» от отдела ОМ, проводят уточненный анализ требований к АСУТП, изложенных в согласованных исходных материалах заказчика.

На основе проведенного анализа специалисты производственных подразделений ПП готовят рабочие материалы/данные к контракту по соответствующим частям обеспечения АСУТП.

Аналогичные действия по заданию ОМ осуществляют субподрядные организации.

Представленные в ОМ исполнителями и соисполнителями требования к АСУТП являются основой составления «технических условий к контракту», а предложения по составу технической документации и срокам ее изготовления принимаются во внимание при подготовке календарного плана выполнения работ по созданию АСУТП. Проект контракта с присвоенным ему идентификационным номером на выполнение проектных работ по созданию АСУТП, подготовленный ОМ, передается на согласование и визируемые всем подразделениям исполнителей. Согласованию подлежат «Технические условия» и «Календарный план» – приложения к подготовленному контракту.

При проведении анализа исходных материалов руководители организаций и производственных подразделений должны эффективно использовать так называемую «горячую линию диалога с заказчиком» (личная встреча, телефон, факс, письмо и т. п.) для проведения предупредительного действия или устранения выявленного несоответствия.

Подготовленный контракт подписывает руководитель организации, скрепив подпись печатью.

Секретариат организации регистрирует контракт и отправляет его официально заказчику.

Секретариат заказчика регистрирует получение от исполнителя оформленного контракта.

В случае наличия разногласий по контракту (по срокам, объемам выполняемых работ, затратам на выполнение работ, особым условиям и т. п.) заказчик вправе составить «Протокол разногласий по контракту» и направить его в адрес исполнителя.

Исполнитель при получении «Протокола разногласий» в возможно короткий срок просматривает его в порядке, изложенном ранее, и направляет заказчику официальный ответ о принятии или непринятии «Протокола разногласий».

За время цикла (циклов) согласованного устранения разногласий между сторонами контракт приведен в состояние консенсуса, удовлетворяющего обе договаривающиеся стороны.

Задача должностных лиц исполнителя (и заказчика) – максимально используя «горячую линию диалога с заказчиком», исключить или уменьшить число циклов согласования разногласий.

4.7. КОММЕНТАРИЙ К БЛОК-СХЕМЕ

«ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРАКТА»

Блок-схема имеет базу, аналогичную базе блок-схемы «Анализ исходных материалов (ИМ) для заключения контракта» – планшет 16×9 с той же «шапкой». В номерах строк: числитель указывает номер листа блок-схемы, а знаменатель – строку на данном листе.

Организация–исполнитель получает от заказчика/генерального проектировщика при сопроводительном письме ПЗ исходные материалы (ИМС) (строка 1/01). Эти

документы регистрируются секретариатом, передаются руководителям (финансовому и техническому) для предварительной оценки достаточности материалов для подготовки контракта заказчиком на выполнение работы (строка 1/02).

Выводы из проведенного анализа и документы направляются в отдел менеджмента (ОМ), главному инженеру проекта (руководителю проекта, главному конструктору системы и т. п.) для организации работ по подготовке контракта, ГИП проводит дополнительный анализ ИМС, т. е. исходных материалов, которые были согласованы на предпроектной стадии создания системы, но которые необходимо вновь оценить, учитывая прошедшее время с момента согласования ИМ до получения ИМС от заказчика, во время которого могла измениться внутренняя конъюнктура в организации и у соисполнителя, нормативно-техническая база создания системы, появление новых технических и программных средств, нормативно-финансовые и банковские нормативы. ГИП в случае необходимости проводит консультации с заказчиком по «горячей линии диалога» (строка 1/04).

ГИП (отдел ОМ) подготавливает задания на проектирование производственными подразделениями организации и субподрядчиками ЗД 1, ..., ЗД N и ЗД С (строки 1/06, 1/11, 2/01).

Технический директор утверждает (или возвращает ГИПу на доработку) перечисленные задания (строки 1/06, 1/12 и 2/02).

Задания ГИПом направляются либо непосредственно в производственное подразделение, либо при сопроводительном письме П через секретариат субподрядчику (строки 2/03, 2/04, 2/05).

Задача производственных подразделений подготовить текстовые материалы по видам обеспечения для включения в общие технические условия по выполнению контракта и указать возможные сроки выполнения работ по видам обеспечения (общесистемные решения, организационное, информационное, техническое, математическое, программное обеспечение) – строки 1/07, 1/08, 1/09 и 1/13, 1/14, 1/15 (ТУ1, ..., ТУN)

Таким же образом готовятся материалы субподрядчиком (строки 2/06, 2/07) – ТУС

Желательно, чтобы указанные материалы проанализировал технический руководитель с целью взаимоувязки всех видов работ и работ подразделений между собой (строки 1/09, 1/15, 2/08, 2/09)

Далее материалы исполнителей и соисполнителей поступают к ГИПу для подготовки:

- текста контракта;
- технических условий к контракту,
- календарного ияана выполнения работ по контракту;
- расчета стоимости работ по контракту;
- расчета стоимости командировочных расходов, связанных с выполнением работ по контракту,
- расчета стоимости приобретения специального оборудования для выполнения работ,
- других материалов контракта.

ГИП подготавливает контракт, ОМ проверяет его на полноту и достаточность, уточняет отдельные требования и формулировки с заказчиком (строки 3/02, 3/03).

Далее следуют согласование, визирование подготовленных материалов контракта с производственными подразделениями, с техническим и финансовым руководителями организации (строки 3/04–3/07).

Контракт подписан и оформлен в организации исполнителя (строки 3/08, 3/09) и официально отправлен заказчику.

Заказчик, рассмотрев полученный от исполнителя контракт, может.

– вариант 1 – подписать контракт со своей стороны без разногласий;

– вариант 2 – подписать контракт, с протоколом разногласий к нему.

В первом варианте, полученные официально от заказчика контракт и сопроводительное письмо (строка 3/12) просматриваются и анализируются руководителями организации и передаются для хранения и организации проектных работ по выполнению контракта (строки 3/13–3/16). ГИП (строка 3/15) может известить заказчика о том, что контракт получен и организация-исполнитель готова к началу проектирования.

Во втором варианте ГИП знакомится с протоколом разногласий (строка 4/05) и составляет протокол согласования разногласий, которые обязательно визируются в подразделениях-исполнителях, которых касаются вопросы разногласий (строка 4/07), и техническим руководителем.

Подготовленный протокол согласования разногласий подписывается и скрепляется печатью организации (т. к. данный протокол, также как протокол разногласий, является неотъемлемой частью контракта) и официально направляется заказчику (строка 4/10).

Заказчик вновь, аналогично указанному выше, может подписать протокол, согласовав его (строки 4/12–4/16), или направить новый протокол разногласий (как показано в строке 4/02–4/10) на новый виток согласования со стороны исполнителя.

4.8. КОНТРАКТ

Подписанный и оформленный обеими договаривающимися сторонами контракт – это основополагающий юридический, правовой и финансовый документ, регламентирующий взаимоотношения сторон при выполнении исполнителем согласованных работ по заказу и требованиям заказчика в установленные сроки.

Один экземпляр контракта и вся переписка по нему с протоколами разногласий и согласований находится на ответственном хранении у исполнителя.

Один экземпляр оформленного контракта и вся переписка к нему находится у заказчика.

Для оформленных экземпляра контракта имеют одинаковую юридическую силу.

Рабочие копии приложений к контракту могут быть переданы специалистам соответствующих производственных подразделений и вспомогательных служб.

4.9. КОНТРАКТ С СОИСПОЛНИТЕЛЕМ

На основании оформленного контракта с заказчиком подготавливается и подписывается контракт с подрядной организацией (организациями) на выполнение отдельных видов, частей, разделов работ в рамках основного контракта.

Для обеспечения выполнения работ силами соисполнителя между организацией-исполнителем и организацией соисполнителя заключается контракт на выполнение отдельного вида, части, раздела и т. п. работ в рамках подписанного контракта.

Субисполнитель устанавливает с организацией исполнителем эффективные рабочие отношения и «горячую линию диалога».

Субисполнитель подготавливает проект контракта и приложений к нему, анализируя исходные материалы (строки 08 + 11).

Субисполнитель в опережающем темпе передает генеральному исполнителю официальные данные для включения их в основной контракт и приложений к нему (строки 2/05 + 2/08).

Полученный от субисполнителя контракт на выполнение вида работ подвергается контролю и проверке со стороны исполнителя (строки 2/08 + 2/12).

При контроле и проверке документов и данных, полученных от субисполнителя, используется деловая «горячая линия диалога».

Каждая из сторон – субисполнитель и заказчик (в данном случае генеральный исполнитель) принимают все организационные меры с целью исключения или уменьшения циклов устранения разногласий, возникающих при заключении контракта между сторонами.

Подписание контракта без разногласий является завершением работ по заключению контракта с исполнителем.

4.10. ИЗМЕНЕНИЯ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНТРАКТА

Возникающие в процессе действия контракта необходимые изменения в исходных материалах или в контрактных условиях согласовываются и решаются взаимодействующими сторонами таким образом, как это предусмотрено контрактом («права и обязанности сторон» и др.).

Все изменения исходных материалов и условий контракта анализируются и оформляются подобным образом, как это изложено ранее.

Тем самым достигается информированность заинтересованных должностных лиц организации об изменениях действия контракта.

4.11. ЗАВЕРШЕНИЕ РАБОТ ПО КОНТРАКТУ

Завершение работ по контракту или завершение анализа контракта – это отправка готовой продукции с её приемкой заказчиком или приемка выполненных работ на объекте.

Завершение работ по контракту подтверждается составлением сопроводительной документации:

- накладная на отправку готовой продукции;
- акт сдачи-приемки работ по контракту;
- счёт-фактура на окончательную оплату работ по контракту.

На основании этих документов заказчик производит приемку готовой продукции и окончательный расчет по оплате работ.

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

НПБ 105-03	Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
ПУЭ	Правила устройства электроустановок.
РД 09-251-98	Положение о порядке разработки и содержания раздела «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента.
СНиП 2.09.04-87	Административные и бытовые здания.

4.13. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Анализ контракта	4.2
Безопасность	4.2
Главный инженер проекта	4.4
Главный конструктор системы	4.4
Завершение анализа контракта	4.11
Заказчик	4.2
Исполнитель	4.2
Исходные материалы	4.4
Итерация	4.1
Контракт	4.2
Менеджер проекта	4.4
Отдел менеджмента (ОМ)	4.5
Процесс проектирования	4.1
Субисполнитель	4.2
Требование	4.2
Требования к проекту	4.2
Требования общества	4.2

Схема 4.Сх1

Анализ исходных материалов (ИИМ) для заключения контракта

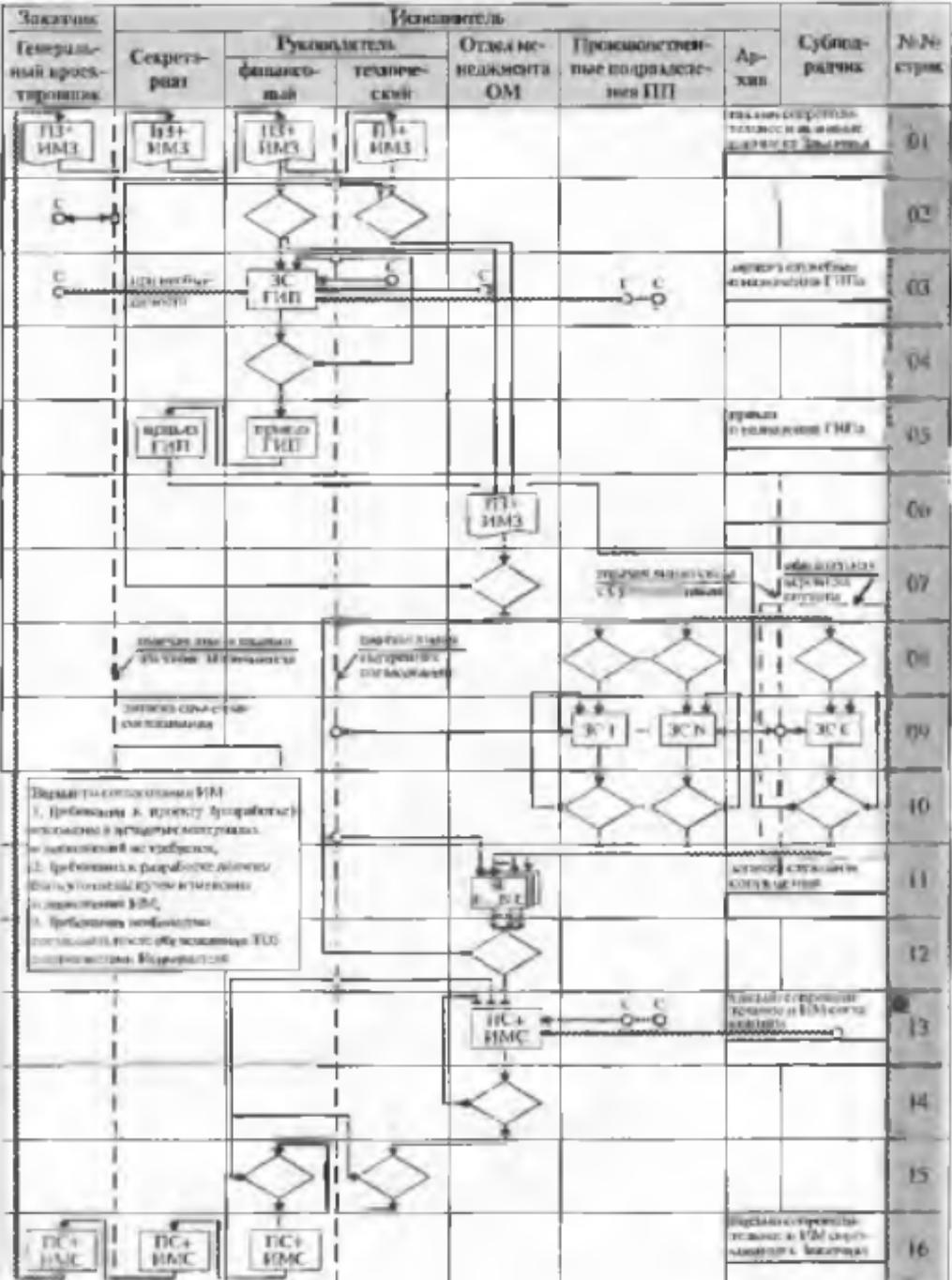
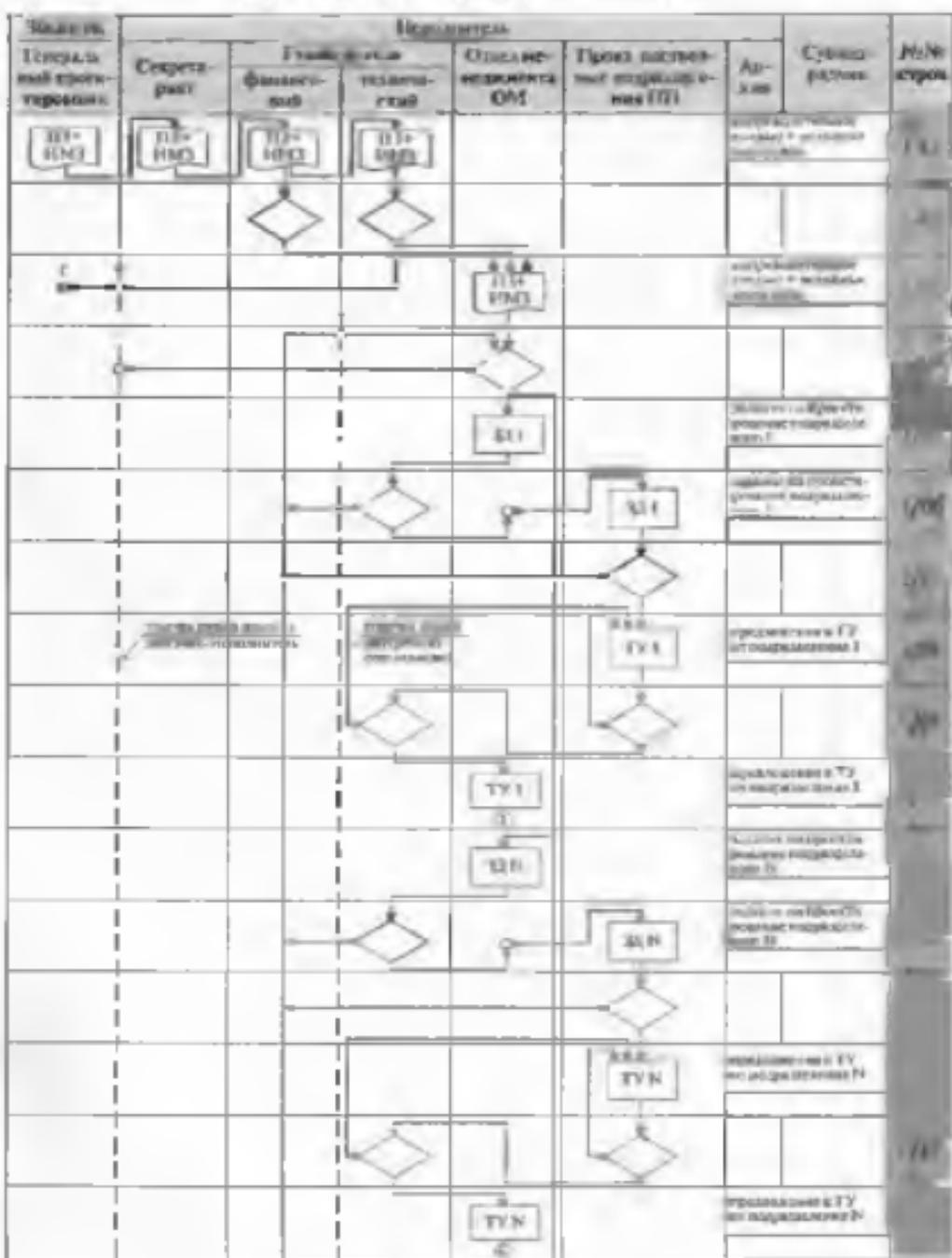


Схема 4Сх2 (лист 1)

Порядок подготовки и оформления контракта



Глава 5. ТРЕБОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО СОЗДАНИЮ АСУТП

	Лист
5.1. Цели требований к системе	5-1
5.2. Категории требований FURPS	5-1
5.3. Функциональность	5-1
5.4. Безопасность	5-2
5.5. Применимость	5-2
5.6. Надежность	5-3
5.7. Производительность	5-4
5.8. Пригодность к эксплуатации	5-4
5.9. Требования к интерфейсу	5-6
5.10. Особые требования	5-7
5.11. Требования к документам АСУТП	5-7
5.12. Требования к видам обеспечения систем	5-8
5.12.1. Общесистемные требования (ОР)	5-8
5.12.2. Требования к организационному обеспечению (ОО) АСУТП	5-9
5.12.3. Требования к информационному обеспечению (ИО) АСУТП	5-9
5.12.4. Требования к техническому обеспечению (ТО) АСУТП	5-9
5.12.5. Требования к программному обеспечению (ПО) АСУТП	5-10
5.12.6. Требования к лингвистическому обеспечению (ЛО) АСУТП	5-11
5.12.7. Требования к правовому обеспечению (ПрО) АСУТП	5-11
5.13. Требования и исходные материалы для создания АСУТП	5-11
5.14. Технологический регламент	5-14
5.15. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	5-17
5.16. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	5-20
Перечень таблиц	
5.Т1. Показатели аппаратной надежности подсистем	5-21
5.Т2. Быстродействие АСУТП	5-23
5.Т3. Технические параметры входных сигналов	5-25
5.Т4. Документы, разработываемые при проектировании системы в целом или ее частей по ГОСТ 34 201-89 и по ОГММ-3 АСУТП	5-26
5.Т5. Виды программных и эксплуатационных документов	5-31
Перечень схем	
5.Сх1. Документы, охватывающие исходные материалы по созданию АСУТП	5-32
5.Сх2. Общая классификация зданий, помещений, сооружений и наружных установок	5-33

5.1. ЦЕЛИ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ

Требование – это условие или возможность, которой должна соответствовать система.

Изложение требований к АСУТП преследует следующие цели:

- добиться **одинакового** понимания Заказчиком, пользователем и разработчиком того, что должна делать система;
- предоставить разработчикам системы наилучшее понимание требований к системе;
- определить граничные условия системы;
- определить интерфейс пользователей и объекта управления с системой;
- обеспечить базу для планирования работ по созданию системы.

5.2. КАТЕГОРИИ ТРЕБОВАНИЙ FURPS+

Категории главных требований определяют по так называемой модели FURPS+:

Functionality – функциональность;

Usability – приемлемость;

Reliability – надежность;

Performance – производительность;

Supportability – пригодность к эксплуатации;

+ – указывает на необходимость учитывать дополнительные требования:

- проектные ограничения;
- требования выполнения;
- требования к интерфейсу;
- физические требования.

5.3. ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Функциональные требования охватывают свойства и возможности системы и ее безопасность.

Функциональные требования определяются сложившейся или проектируемой технологией объекта управления.

В функциональных требованиях отражаются:

- сбор, первичная обработка, распределение и фиксирование массивов информации, получаемой от датчиков технологических и энергетических параметров в виде аналоговых, дискретных и цифровых сигналов, включая прием–передачу информации от других АСУТП, от автокомных комплексов управления;
- представление информации и взаимодействие пользователей с программно-техническим комплексом (оператор–технолог, обслуживающий персонал комплекса);
- дистанционное управление приводами оборудования и исполнительных механизмов задвижек и регулирующих органов, высоковольтных выключателей, разрядников и т. п.,

- автоматическое, программное регулирование и управление, технологические блокировки, защиты и защитные блокировки, реализующие соответствующие алгоритмы управления;
- информационно-вычислительные свойства, реализующие алгоритмы расчетных функций, накопления, усреднения, архивации информации и др.;
- обмен информацией с вышестоящим уровнем управления предприятия;
- самоконтроль и самодиагностика аппаратных и программных средств, сбор и обработка информации по технической диагностике;
- реализация алгоритмов сервисных функций.

5.4. БЕЗОПАСНОСТЬ

К функциональным требованиям АСУТП относятся также требования к безопасности, которые являются приоритетными по отношению к другим требованиям.

Систему следует проектировать таким образом, чтобы ошибочные действия оперативного персонала или отказы технических и программных средств не приводили к аварийной ситуации, не допускали ситуацию, опасную для здоровья и жизни людей.

Электротехнические изделия, используемые в системе, применяются по ГОСТ 12.2.007.0–75, в средства вычислительной техники – по ГОСТ 25861–83, и имеют класс I защиты человека от поражения электрическим током.

Все внешние элементы технических средств системы, находящиеся под напряжением, защищаются от случайного прикосновения и заземляются или зануляются по ГОСТ 12.1.030–81 и ПУЭ, издание 7.

Размещение технических устройств во взрыво- и пожароопасных установках проектируется в соответствии с требованиями ПУЭ, 6 издание

Операторские, инженерные станции, мониторы персональных компьютеров применяются с соответствующими гигиеническими сертификатами по СанПиН и с соблюдением стандартов по электрической, механической и пожарной безопасности (ГОСТ Р 50377–92), уровню создаваемых радиополей (ГОСТ Р 51318.22–99), уровню электростатических полей (ГОСТ 12.1.045–84), работоспособности в условиях электромагнитных помех (ГОСТ Р 50628–2000), уровню вибрации (ГОСТ 12.1.012–90)

Комфортные условия нахождения персонала соответствуют действующим стандартным нормам по ГОСТ 12.1.005–88, ГОСТ 12.0.003–74.

Требования безопасности устанавливаются специальным разделом должностных инструкций, инструкций по эксплуатации АСУТП и др.

5.5. ПРИМЕНИМОСТЬ

Применимость характеризуется удобством и безопасностью работы оперативно-го и обслуживающего персонала.

Для оперативного персонала следует организовать одно или несколько рабочих мест оператора. Рабочее место оператора необходимо разместить в специально подготовленном помещении с постоянным присутствием оперативного персонала.

Рабочее место оператора содержит одну или несколько рабочих (операторских) станций и серверов, которые предназначены для:

- представления, хранения и обработки технологической информации;
- выполнения функций и задач расчетного характера;
- реализации общесистемных функций (службы единого времени, мониторинг технических и программных средств АСУТП и т. п.);
- организации человекомашинного интерфейса, и др.

Кроме рабочей станции оператора, могут создаваться автоматизированные рабочие места для обслуживающего и эксплуатационного персонала автоматизированного технологического комплекса АТМ – инженерная, архивная, событийная или сигнальная, расчетная и др. станции.

В составе инженерной или операторской станции предусматриваются инструментальные средства для проектирования и коррекции различных задач АСУТП, включая задачи расчетного характера, а также средства создания и хранения базы нормативно-справочной информации:

- исходные нормативно-справочные документы по программно-техническим средствам и АСУТП в целом;
- исходные нормативно-справочные документы по технологическому, электротехническому, вентиляционному и другому оборудованию и его эксплуатации,
- различные справочные таблицы технологического, электротехнического и т. п. назначения.

В состав рабочей станции/станций входят принтер для получения печатных копий видеозаписей, протоколов, отчетов, таблиц и т. п., а также сканер для ввода в систему различных печатных и графических документов.

Для возможности нормальной эксплуатации АСУТП следует создать пакет эксплуатационных документов по ГОСТ 27 300–87, ГОСТ 19.507–79 и СНиП 3.05 07–85.

Конкретные требования по удобству и безопасности работы персонала приводятся в требованиях к организационному ОО, информационному ИО, техническому ТО, математическому МО, программному ПО видам обеспечения.

5.6. НАДЕЖНОСТЬ

Программно-технический комплекс АСУТП в части требований по надежности соответствует ГОСТ 4.148–85, ГОСТ 24.701–86 и ГОСТ 27.003–90.

Он создается как восстановливаемая и ремонтно-пригодная система, рассчитанная на длительное функционирование, обусловленное функционированием технологического и электротехнического оборудования и технологического процесса.

Ориентировочные показатели аппаратной надежности отдельных подсистем (кроме подсистем технологических защит и защитных блокировок) – средняя наработка на отказ и ложное срабатывание, а также средняя продолжительность восстановления аппаратуры конкретной подсистемы приведены в таблице 5.11. В таблице не учтены показатели надежности датчиков, преобразователей, линий связи от первичных устройств до аппаратуры ПТК. В целом АСУТП создается с требуемыми показателями надежности, готовности и живучести.

5.7. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

В категорию требований «производительность» включают показатели быстродействия, времени отклика, точности и достоверности информации.

Ориентировочные требования по быстродействию и времени отклика приведены в таблице 5.Т2.

Быстродействие, время отклика, обновления информации и ее регистрации определяют, в основном доступность информации на данный момент времени

На достоверность же информации, кроме доступности ее, влияют:

— диагностирование исправности устройств, входящих в канал прохождения информации (датчик, тальпанический разделитель, соединительная линия, модуль ввода/вывода, аналого-цифровой преобразователь и т. п.);

— проверка возможной и допустимой скорости изменения значения параметра;

— выявление недопустимых сочетаний логически связанных сигналов (дискретных, аналоговых);

— точность регистрации процессов и событий и записи данных в архив;

— погрешность канала измерения;

— погрешность отображения параметров в цифровом виде — 4 значащих цифры, в графической форме — одна растровая строки экрана, что обеспечит «читаемость» результатов;

— погрешность задания коэффициентов, установки значений констант, установок сигнализации (аварийной и предупредительной) — не более 0,2% от диапазона изменения параметра;

— погрешность регистрации времени событий в системе единого времени в АСУТП — в пределах 0,5–10 мс (зависит от периода опроса входных сигналов);

— погрешность привязки системного времени АСУТП к астрономическому времени — не более $\pm 0,5$ с.

Точность измерений и вычислений обеспечивается метрологическим обеспечением АСУТП.

5.8. ПРИГОДНОСТЬ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пригодность к эксплуатации характеризуется широким спектром требований, охватывающим собственно эксплуатационные свойства АСУТП, использование соответствующих международных и отечественных стандартов во всех видах обеспечения АСУТП, совместимость и унификацию.

Требования к условиям эксплуатации устройств верхнего уровня ПТК, устанавливаемых в оперативных и неоперативных специально подготовленных помещениях с постоянным присутствием оперативного персонала (ПЭВМ, видеомониторы, принтеры, клавиатуры и др.), должны соответствовать ГОСТ 15150–69*, исполнение УХЛ, категория размещения 4.1, и техническим условиям на используемые технические средства.

Технические средства, устанавливаемые в этих помещениях, должны соответствовать ГОСТ 12997–84, группа В 4, и надежно функционировать при следующих условиях:

- рабочая температура окружающей среды 15–25 °С;
- предельная температура (на период не более 2 ч) 10–40 °С;
- относительная влажность воздуха 30–75% при температуре 25 °С;
- предельная влажность воздуха 20–80% при температуре 25 °С;
- атмосферное давление (группа Р1) 84,6–106,7 кПа;
- вибрация в диапазоне частот 0,5–50 Гц с амплитудой 0,15 мм (группа N1);
- напряженность внешних магнитных полей постоянного и переменного тока с частотой 50 Гц — до 40 А/м;
- напряженность внешних электрических полей до 10 кВ/м;
- содержание пыли (размер частиц не более 3 мкм) в помещениях не более 1,0 мг/м³.

Технические средства нижнего уровня ПТК, устанавливаемые в специально подготовленных для этого помещениях, должны соответствовать ГОСТ 12997–84, группа В4, и иметь степень защиты IP54 (по требованию заказчика) и надежно функционировать при следующих условиях:

- рабочая температура окружающей среды 10–40 °С;
- относительная влажность воздуха 30–75% при температуре 25 °С;
- предельная влажность воздуха 20–80% при температуре 25 °С;
- атмосферное давление (группа Р1) 84,6–106,7 кПа;
- вибрация в диапазоне частот 0,5–50 Гц с амплитудой 0,15 мм (группа N1);
- напряженность внешних магнитных полей постоянного и переменного тока с частотой 50 Гц — до 400 А/м;
- напряженность внешних электрических полей до 10 кВ/м;
- содержание пыли в помещениях — в соответствии с требованиями для электротехнических помещений.

Технические средства, устанавливаемые вблизи технологического оборудования, должны соответствовать ГОСТ 12997–84, группа Д3, иметь степень защиты IP54 и надежно функционировать при следующих условиях:

- атмосферное давление (группа Р1) 84,6–106,7 кПа;
- вибрация в диапазоне частот 0,5–50 Гц с амплитудой 0,1 мм;
- напряженность магнитных полей постоянного и переменного тока до 400 А/м;
- напряженность переменных электрических полей до 10 кВ/м;
- наличие промышленных радиопомех;
- рабочая температура окружающей среды в нормальных условиях 10–50 °С;
- относительная влажность не более 90%.

В аварийных режимах допускается температура 75 °С и относительная влажность 100%.

В наружных установках для технических средств АСУТП температура окружающей среды может быть до минус 40 °С (в особых климатических районах и подрайонах по СНиП 23-01–99 до минус 70 °С), относительная влажность — до 100%, степень защиты — не хуже IP 55.

В составе ПТК должны использоваться технические средства, производимые в соответствии с общепринятыми международными и отечественными стандартами, что обеспечивает конструктивную, информационную и программную совместимость изделий различных разработчиков и создает предпосылки к достижению конкурентоспособности на мировом рынке.

В ПТК, как правило, должны использоваться современные ОС. Допускается применение двух различных ОС на верхнем и нижнем уровнях ПТК. Должна предусматриваться возможность настройки ОС в соответствии с конфигурацией ПТК и его программного обеспечения.

Средства коммуникации с внешними системами (типа «шлюз») должны обеспечивать поддержку стандартных сетевых протоколов и общепринятых сетевых протоколов.

В «шлюзах» должна обеспечиваться поддержка стандартов открытого доступа к данным, имеющимся в конкретном «шлюзе» в момент поступления запроса, с помощью механизмов межзадачного обмена (например, OPC, DDE/NetDDE, ODBC/SQL, OLE/OCX и др.).

Программирование прикладных программ нижнего уровня, работающих в реальном времени, должно производиться с использованием современных графических языков программирования или стандартных языков программирования (например, в соответствии с IEC1131-3), позволяющих описывать автоматизируемый процесс в наиболее легкой и понятной форме.

Для кодирования информации в ПТК должна обеспечиваться возможность использования единой системы кодирования (например, тип KKS).

Формы представления информации управления на средствах ПТК должны быть приближены к проектным изображениям технологических схем и их элементов.

Базовые конструкции (стойки, каркасы, навесные шкафы и т. п.) должны выполняться в соответствии с общепринятыми стандартами (например, «Евромеханика»). В конструкциях ПТК должна быть сведена к минимуму номенклатура используемых субблоков (крейгов). Конструктивы шкафов, рам, функциональных модулей должны быть унифицированы во всех устройствах ПТК. Должно использоваться минимальное количество номинальных значений питающих напряжений.

В УСО вне зависимости от типа используемых входных и выходных сигналов должны использоваться стандартные (унифицированные) интерфейсы.

При документировании результатов однотипных работ (например, при описании прикладных алгоритмов и программ различных технологических контуров управления) в ПТК должна применяться единая форма документации в соответствии с ГОСТ 34.201-89.

5.9. ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСУ

В АСУТП следует использовать аппаратные средства, интерфейс которых совместим с интерфейсом соответствующих технических средств других автоматизированных систем объекта управления и применяемых систем связи. Интерфейс с аппаратами низовой автоматики имеет следующие параметры (ГОСТ 26.011-80, ГОСТ 26.013-81). Измеренные аналоговых параметров производятся приборами, преобразующими измеримый параметр в электрический выходной сигнал. Преимущественно используются унифицированные электрические сигналы. Технические параметры наиболее употребительных сигналов приведены в таблице 5.Т3.

Выходной управляющий аналоговый сигнал соответствует унифицированному токовому сигналу или унифицированному сигналу напряжения (позиции 1 и 2 таблицы 5.Т3).

Дискретный сигнал ввода/вывода соответствует.

- вводу сигнала типа «сухой контакт»;
- вводу/выводу сигнала напряжения 24 В;
- вводу/выводу сигнала напряжения 220 В;

Сигналы гидравлические, пневматические следует применять в соответствии с ГОСТ 26.012–80, ГОСТ 26.015–81.

5.10. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

К особым или дополнительным требованиям следует отнести в частности требования:

- по техническому обслуживанию, ремонту, хранению;
- к защите информации;
- к оснащению АСУТП дополнительными устройствами.

Требования технического обслуживания, ремонта и хранения содержит

- данные по видам и периодичности обслуживания программно-технических средств АСУТП, допустимость работы отдельных средств без обслуживания;
- количество и квалификацию обслуживающего персонала, режим его работы;
- состав, размещение и условия хранения запасных изделий и приборов.

Требования к защите информации от несанкционированного доступа содержат требования, установленные в нормативах, действующих в отрасли заказчика.

В требованиях по оснащению АСУТП дополнительными устройствами указывают необходимость оснащения системы устройствами для обучения персонала (например, тренажерами), стендами и сериальной аппаратурой для проверки элементов системы.

Кроме перечисленных требований дополнительно включают требования, связанные с особыми условиями эксплуатации, требования специфичные для конкретного заказчика системы, требования по применению нормативно-технической документации (стандартов, нормативов, методик и др.).

5.11. ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТАМ АСУТП

Комплектность документации создаваемой АСУТП определяется «Техническим заданием на создание АСУТП» и/или договором/контрактом на создание системы.

Документы системы или ее части разрабатываются на основании различных общегосударственных нормативов и методик.

Последние содержат требования по всему комплексу документов на создание АСУТП.

В таблицах 5.Т4 и 5.Т5 приведены наименования комплекса документов на систему, ссылки на часть (вид) проекта (общесистемные решения, информационное, техническое, математическое, программное и др. обеспечение), коды всех документов по различным стандартам. Нормативные документы с требованиями к каждому виду документов системы следующие: ГОСТ 34.201–89, ОРММ-3 АСУТП, ГОСТ 21.408–93, ГОСТ 19.101–77, ГОСТ 19.505–79, ГОСТ 19.508–79, ГОСТ 19.404–79, ГОСТ 19.501–78 и ряд других.

Разработчик того или иного документа системы, ориентируясь на данные таблиц 5.Т4 и 5.Т5, имеет возможность ознакомиться с нормативными требованиями к документу.

Виды программных и эксплуатационных документов приведены в таблице 5.Т5.

5.12. ТРЕБОВАНИЯ К ВИДАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ

Требования к АСУТП составляются, как правило, набором требований к системе в целом, ее функциям, к Подготовленности персонала и видам обеспечения АСУТП (организационное, информационное, техническое, математическое, программное, лингвистическое, правовое), к безопасности, к эргономике рабочих мест персонала АСУТП.

Требования к АСУТП устанавливаются ГОСТ 24.104–85 «ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления «Общие требования».

5.12.1. Общесистемные требования (ОР)

1 АСУТП должна соответствовать требованиям данного документа и требованиям нормативно-технических документов, действующих на предприятии технологического объекта управления ТОО.

2. Система должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить максимальную безопасность ее функционирования; неправильные, ошибочные действия оперативного персонала или отказы технических средств не должны приводить к аварийным ситуациям и/или ситуациям, опасным для жизни и здоровья людей.

3. Размещение средств автоматизации и вычислительной техники должно удовлетворять требованиям электро-, взрыво-, пожаробезопасности в соответствии с ПУЭ и ГОСТами ССБТ.

4. Условия работы оперативного и обслуживающего персонала при эксплуатации системы должны соответствовать требованиям санитарных норм и требованиям безопасности персонала.

5. Система может иметь несколько взаимосвязанных подсистем, система должна быть совместима с другими автоматизированными системами (АС), взаимосвязанными с данной АСУТП.

6. АСУТП должна обеспечивать возможность ее модернизации, развития и наращивания в пределах, определенных данным документом.

7 АСУТП должна иметь надежность и адаптированность, достаточную для достижения установленных данным документом целей ее функционирования в заданном диапазоне изменений условий применения.

8. В системе должны быть предусмотрены контроль выполнения автоматизированных функций и диагностирование с указанием дестабилизирующих причин, времени и места их возникновения.

9. В системе должны быть предусмотрены меры защиты от неправильных действий оператора, от случайных нарушений информации и программ, от несанкционированного вмешательства.

10. Входная информация должна вводиться в АСУТП однократно с помощью одного входного канала, за исключением требования ввода сигнала по большому числу каналов для выполнения требований по надежности, безопасности и достоверности.

11. Выходная информация одного содержания должна быть сформирована в АСУТП **однократно**, независимо от числа адресатов.

12. Обмен информацией между распределенными средствами ВТ и между различными АС должен производиться по локальной единой сети, по выделенным цифровым каналам связи или с использованием устройств типа «шлюз». Объем информации при этом должен быть **минимизирован**.

5.12.2. Требования к организационному обеспечению (ОО) АСУТП

1. ОО должно быть достаточным для эффективного выполнения персоналом АСУТП возложенных на него обязанностей при эксплуатации системы.

2. Организационная структура системы должна позволять выполнение всех функций с учетом распределения их по уровням управления, категориям и числу работников.

3. Обязанности между оперативным персоналом должны быть распределены с учетом участия персонала в выполнении **неавтоматизированных функций** системы и ее взаимодействия с другими АСУТП и автоматизированной системой управления предприятием (производством) АСУТП.

4. В ОО должны быть разработаны технологические инструкции на каждую или комплекс операций процесса обработки данных и руководство пользователя АСУТП.

5. ОО должно предложить языковые средства для общения оперативного персонала с комплексом технических средств АСУТП, которые будут удобны и доступны для лиц, не имеющих квалификации программиста.

5.12.3. Требования к информационному обеспечению (ИО) АСУТП

1. ИО АСУТП должно быть достаточным для выполнения всех автоматизированных функций системы.

2. В ИО должно быть применено кодирование информации, единой для данной АСУТП, применены классификаторы, принятые у потребителя АСУТП; для выходной информации на вышестоящий уровень должны быть применены классификаторы вышестоящих систем управления, кроме специально оговоренных случаев.

3. ИО должно предусматривать формы документов, видеоскадров, термины и сокращения на этих формах, которые согласованы с потребителем и не противоречат общепринятым формам, терминам и сокращениям.

4. В АСУТП должны быть предусмотрены необходимые меры по контролю и обновлению информационных данных в машинных массивах, восстановлению массивов после отказа каких-либо технических средств, по контролю идентичности одноименной информации в базах данных.

5.12.4. Требования к техническому обеспечению (ТО) АСУТП

1. Комплекс технических средств (КТС) АСУТП должен быть достаточным для выполнения всех автоматизированных функций.

2. КТС должен в основном содержать технические средства серийного производства; при необходимости возможно применение средств единичного производства. Технические средства должны быть сертифицированы в Российской Федерации

и в необходимом случае допущены Ростехнадзором РФ к использованию на потенциально опасном промышленном объекте.

3. Технические средства должны использоваться с соблюдением требований, содержащихся в технической документации на них (техническое описание, паспорт, инструкция по монтажу и эксплуатации и т. п.) и таким образом, чтобы их было удобно эксплуатировать.

4. Технические средства с измерительными каналами должны иметь возможность контроля их метрологических характеристик.

5. Требования по безопасности электротехнических изделий АСУТП изложены в ГОСТ 12 2 007,0-75, средств вычислительной техники — в ГОСТ 25861-83.

6. Технические средства АСУТП должны иметь защитные заземления в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ, 7 издание, глава 1.7.

7. Технические средства, установленные на взрыво- и пожароопасных установках, должны отвечать требованиям ПУЭ, 6 издание, главы 7.4 и 7.3.

8. Технические средства АСУТП, используемые во взаимодействии системы с другими системами, должны быть совместимы по интерфейсам с техсредствами этих систем и используемых систем связи.

9. Любое из технических средств АСУТП должно допускать замену его аналогичным средством без каких-либо конструктивных изменений или изменений в других технических средствах системы, кроме случаев, оговоренных в документах на АСУТП.

10. Размещение технических средств, используемых персоналом АСУТП при выполнении автоматизированных функций, должно соответствовать требованиям эргономики:

- производственное оборудование ГОСТ 12 2.049-80;
- для средств представления зрительной информации ГОСТ 21829-76;
- для табло коллективного пользования ГОСТ 29.05 002-82;
- для миемосхем ГОСТ 21480-76;
- для рабочих мест операторов ГОСТ 22269-76, ГОСТ 23000-78, ГОСТ 21889-76, ГОСТ 21958-76.

5.12.5. Требования к программному обеспечению (ПО) АСУТП

1. ПО должно быть достаточным для выполнения всех функций АСУТП, реализуемых с применением средств вычислительной техники. ПО должно иметь средства организации требуемых процессов обработки информации, которые позволяют выполнять вовремя автоматизированные функции при всех предусмотренных регламентах функционирования системы.

2. ПО АСУТП должно иметь средства, которые изложены в подразделах: 5.3; 5.4, 5.5; 5.6; 5.7; 5.8; 5.9.

3. Программное обеспечение должно быть построено, как правило, на базе существующих опробованных и сертифицированных пакетов прикладных и других программ, допускать загрузку и проверку по частям и позволять производить замену одних программ без коррекции других программ.

4. ПО АСУТП должно быть построено таким образом, чтобы отсутствие отдельных данных, не сказывалось на выполнении функций АСУТП, при реализации которых эти данные не используются.

5. Программы специального программного обеспечения СПО должны быть совместимы между собой и с общим программным обеспечением ОПО.

6. ОПО АСУТП должно позволять осуществлять настройку СПО и его дальнейшее развитие без прерывания процесса функционирования ОПО. Сгенерированная и загруженная часть ПО должна быть защищена от случайных изменений.

7. Эксплуатационная программная документация по ГОСТ 19.101–77, ГОСТ 19.502–78, ГОСТ 19.503–79, ГОСТ 19.504–79 стандартов ЕСПД должны содержать сведения, необходимые оперативному и эксплуатационному персоналу АСУТП для использования ПО, его первоначальной загрузки/генерации, запуска программ АСУТП, проверки функционирования ПО с помощью предложенных соответствующих тестов.

5.12.6. Требования к лингвистическому обеспечению (ЛО) АСУТП

1. Лингвистическое обеспечение должно быть достаточным для общения всех пользователей АСУТП в удобной как для них форме со средствами автоматизации, для осуществления процедур преобразования и машинного представления обрабатываемой в АСУТП информации.

2. ЛО должно иметь унифицированные языковые средства для описания информации, используемой в АСУТП, стандартизированные описания однотипных элементов информации и записи функций. Лингвистическое обеспечение отражается в документации организационного обеспечения АСУТП в виде правил общения персонала со средствами ПТК во всех режимах его функционирования.

5.12.7. Требования к правовому обеспечению (ПрО) АСУТП

Правовое обеспечение включает совокупность правовых норм, которые должны быть отражены в документах организационного обеспечения АСУТП и в инструкции, и положения службы АСУТП и КИП. Нормы должны определять юридическую силу информации на различных носителях и документах, используемых и создаваемых АСУТП. Нормы должны регламентировать правоотношения между лицами, входящими в состав персонала АСУТП (права, обязанности и ответственность), между персоналом АСУТП и персоналом систем, взаимодействующих с данной АСУТП.

5.13. ТРЕБОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АСУТП

Исходные материалы включают характеристики и требования к системе и служат основой и главной направляющей технической разработки, создания и внедрения АСУТП. Исходные материалы представляют из себя набор документально изложенных характеристик технологического объекта управления и требований к объекту и к автоматизированной системе управления технологическим процессом на объекте.

Исходные материалы по созданию АСУТП на разных стадиях и этапах ее создания имеют различную степень и глубину проработки, объем представляемых документов,

детализацию основных требований к системе со стороны заказчика и потребителя системы. Исходные материалы по созданию АСУТП комплектуются и оформляются в форме документов, приведенных в схеме 5.Сх1.

Исходные материалы на этапах предпроектных работ содержат следующие документы

- отчет о научно-исследовательской работе по детальному изучению объекта управления, по поиску путей и оценке возможностей реализации требований пользователя будущей системы;

- отчет об обследовании объекта управления с целью обоснования необходимости создания АСУТП в результате сбора данных об объекте управления и его деятельности, выявления проблем, которые могут быть решены созданием АСУТП ко объекту;

- набор организационных и технических документов, в которых содержатся материалы, характеризующие объект управления и требования к создаваемой АСУТП;

- технико-экономическое обоснование инвестиций на создание АСУТП, служащих основанием для принятия решения о хозяйственной необходимости, технической возможности, экономической и социальной целесообразности инвестиций в создание АСУТП (СП 11-101-95);

- технико-экономический расчет (ТЭР) создания АСУТП, который содержит не только данные и характеристики технологического объекта управления, но также экономические и коммерческие расчеты целесообразности разработки АСУТП;

- технико-экономическое обоснование создания АСУТП, представляющее собой достаточно полное изложение экономических решений по применению технических средств и организационно-функциональных мероприятий по созданию АСУТП (ГОСТ 24.202-80);

- задание на проектирование АСУТП, как часть общего задания на проектирование технологического объекта управления, в этом случае (п. 1.3. ГОСТ 34.602-89) «Техническое задание на АСУТП» не выполняется;

- требования к АСУТП, содержание которых соответствует п.1 приложения 1 РД 50 34.698-90 «АС. Требования к содержанию документов» и п. 2 приложения 1 ГОСТ 34.601-90 «АС. Стадии создания»;

- концепция создания АСУТП, содержание концепции соответствует рекомендациям пп. 5 и 6 приложения 1 ГОСТ 34.601-90 и п. 2 приложения 1 РД 50 34.698-90;

- «Техническое задание на создание АСУТП» (ТЗ) по ГОСТ 34.602-89 одноименного наименования, определяющего состав, содержания и правил оформления документа ТЗ на АСУТП;

- эскизный проект АСУТП с содержанием работ по пп. 8, 9 и 10 приложения 1 ГОСТ 34.601-90 и РД 50-34.698-90;

- технический проект АСУТП, содержание которого определяется пп. 9, 10, 11, 12 приложения 1 ГОСТ 34.601-90 и РД 50 34.698-90;

- проект АСУТП, выполняемый по ГОСТ 21.101-97 «СПДС основные требования к проектной и рабочей документации»;

- утверждаемая часть рабочего проекта АСУТП, выполняемая по ГОСТ 21.101-97.

Каждый из перечисленных выше документов может являться исходным материалом для выполнения работ по стадиям и этапам работ, которые расположены ниже в таблице ГОСТ 34.601-90,

Статьи	Этапы работ
1. Формирование требований к АСУТП	<p>1.1. Обоснование объекта и обоснование необходимости создания АСУТП.</p> <p>1.2. Формирование требований пользователя к АСУТП</p> <p>1.3. Оформление отчета о выполненной работе и заявка на разработку АС (технико-технического задания)</p>
2. Разработка концепции АСУТП	<p>2.1. Изучение объекта.</p> <p>2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ.</p> <p>2.3. Разработка вариантов концепции и выбор варианта концепции АСУТП, удовлетворяющего требованиям пользователя.</p> <p>2.4. Оформление отчета о амплаивной работе</p>
3. Техническое задание – ТЗ	3.1. Разработка и утверждение технического задания на создание АСУТП
4. Эскизный проект – ЭП	<p>4.1. Разработка предварительных проектных решений по системе и ее частям.</p> <p>4.2. Разработка документации на АСУТП и ее части</p>
5. Технический проект – ТП	<p>5.1. Разработка проектных решений по системе и ее частям</p> <p>5.2. Разработка документации на систему и ее части.</p> <p>5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АСУТП и (или) технических требований (технических заданий) на разработку.</p> <p>5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации</p>
6. Рабочая документация – РД	<p>6.1. Разработка рабочей документации на систему и ее части.</p> <p>6.2. Разработка или адаптация программ</p>
7. Ввод в действие	<p>7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу в действие системы.</p> <p>7.2. Подготовка персонала.</p> <p>7.3. Комплектация АСУТП поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями).</p> <p>7.4. Строительно-монтажные работы (СМР).</p> <p>7.5. Пусконаладочные работы (ПНР).</p> <p>7.6. Проведение предварительных испытаний.</p> <p>7.7. Проведение опытной эксплуатации.</p> <p>7.8. Проведение приемочных испытаний</p>
8. Сопровождение АСУТП	<p>8.1. Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами.</p> <p>8.2. Послегарантийное обслуживание</p>

Стадии и этапы, выполняемые участниками работ по созданию АСУТП, устанавливаются в «Техническом задании на создание АСУТП», заданием на проектирование АСУТП и договорами на выполнение работ по созданию АСУТП. Возможно параллельное выполнение отдельных этапов работ до завершения предшествующих стадий и этапов. При этом исходные материалы предыдущей стадии могут быть дополнены и изменены по результатам проводимых работ по этапу и могут использоваться в качестве исходных материалов для разработки последующего этапа. Наибольшее изменение и уточнение в части характеристик и требований к системе в жизненном цикле создания АСУТП претерпевают, как правило, требования к функциональности системы. Поэтому, при получении исходных материалов (ИМ) на каждом этапе следует итеративно проанализировать их таким образом, как это показано в 4 главе, разделе 4.5 и на схеме 4.Сх1. Более подробно остановимся на вопросе, который касается анализа технологического процесса объекта управления в свете сегодняшнего состояния средств автоматизации, вычислительной техники, информационных технологий, программных средств.

5.14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

Функциональные требования к АСУТП на различных стадиях создания системы имеют различный объем и степень детализации.

Функциональные требования на предпроектных стадиях создания АСУТП (по схеме 5.Сх1 (см. 5.13) – научно-исследовательские работы, обследование объекта управления, технико-экономические обоснования и расчеты, задание на проектирование, требования к АСУТП, концепция создания АСУТП) излагаются в исходных материалах создания АСУТП и соответствуют:

– возможностям заказчика сформулировать эти требования или договоренностям и условиям договора на разработку перечисленных материалов между заказчиком и исполнителем-разработчиком этих материалов.

Следует отметить, что чрезвычайно быстрое развитие микроэлектроники и информационных технологий создало благоприятные возможности разработки новых средств автоматизации, вычислительной техники, информационных технологий различного уровня, программных комплексов сбора, передачи, обработки, хранения и представления информации. Значительное число специализированных организаций в России и за рубежом постоянно совершенствуют существующие, ранее разработанные, или создают новые, более совершенные средства, системы и комплексы общего применения.

Организации, которые занимаются созданием конкретных АСУТП в разных отраслях производства, повседневно отслеживают текущее состояние и развитие средств автоматизации (СА), вычислительной техники (ВТ), информационных технологий (ИТ) и базового, общепромышленного (иногда специализированного в той или иной отрасли производства) программного обеспечения (ПО), поддерживают деловые контакты с разработчиками, анализируют технические и функциональные возможности предлагаемых на рынке СА, ВТ, ИТ и ПО.

В Российской Федерации накоплен значительный опыт создания АСУТП, который систематически отражается в многочисленных журналах и книжных изданиях, опыт применения микропроцессорной техники, программируемых логических кон-

троллеров, опыт разработки и использования программных продуктов, в том числе программ SCADA.

Заказчики по своей сути и направлению деятельности обычно отстают от быстромениющегося рынка СА, ВТ, ИТ и ПО, поэтому их требования (в частности функциональные требования), как правило, отражают уже ранее знакомые и изложенные неоднократно требования к разрабатываемым АСУТП.

В этих условиях специализированная организация, привлекаемая заказчиком к созданию АСУТП в качестве основного исполнителя, системного интегратора обладает большими знаниями, чем заказчик, по функциональным и техническим возможностям современных, новейших СА, ВТ, ИТ и ПО.

Во всех случаях основному исполнителю, системному интегратору по созданию конкретной АСУТП необходимо знание технологического процесса, его особенностей, а также понимание специфичных требований заказчика в системе управления.

Анализ технологического процесса объекта управления специалистами основного исполнителя, системного интегратора, обладающими познаниями функциональных возможностей современных программно-технических средств АСУТП, позволяет подготовиться для заказчика, обсудить и согласовать с ним функциональные требования, наиболее полно отражающие как претензии заказчика, так и предлагаемые рынком возможности новейших, апробированных и сертифицированных соответствующим образом средств, систем и продуктов с учетом их стоимости.

Действия технологического процесса объекта управления наиболее полно излагается в технологическом регламенте процесса.

«Технологический регламент», как правило, составляется проектантами-технологами при завершении проектных работ по объекту управления или специалистами-эксплуатационниками в процессе эксплуатации технологического объекта.

При одновременном проектировании технологического объекта и АСУТП этого объекта ожидать получения «технологического регламента» в начале разработки невозможно. Поэтому в начале разработки АСУТП следует получить от технологов-проектантов описание технологического процесса и в процессе его анализа (желательно с периодическим участием заказчика и проектанта-технолога) добиться целей, которые приведены в начале данного раздела 5.

Кроме технологического регламента раскрытию функциональных требований содействует рассмотрение:

- технологической схемы производства продукции;
- качественных показателей веществ и материалов, использующихся в технологическом процессе;
- конструктивных особенностей аппаратов, машин и агрегатов;
- особенности электроприводов механизмов и машин;
- схемы расположения оборудования в помещении и в наружных установках;
- данных о параметрах технологического процесса (температура, давление, расход и т. п.);
- данных об управляющих воздействиях на процесс (включение и отключение машин и механизмов, блокировка, защита и др.);
- места контроля параметров и управляющих воздействий на технологической схеме производства.

«Технологический регламент» служит для достижения целей, которые изложены в начале раздела 5.

«Технологический регламент» — документ, который составляется технологами, проектирующими технологический процесс, или специалистами, эксплуатирующими данный процесс, и определяет:

- рецептуру и основные характеристики выпускаемой продукции, сырья, материалов и полупродуктов (состав, физико-химические свойства, токсичность, показатели пожаровзрывоопасности и т. п.);
- отходы производства и выбросы в атмосферу;
- параметры технологического процесса (температура, давление, расход, состав веществ и др.);
- порядок проведения технологических операций;
- средства контроля за технологическим процессом;
- средства управления процессом;
- основные правила безопасного ведения технологического процесса, исключающие появление аварий:
- применяемые аппараты, машины, агрегаты;
- расположение основного оборудования на планах производственных зданий, установок, помещений, этажей и наружных установок.

Технологический регламент в общем случае должен быть дополнен сведениями по зданиям, помещениям, сооружениям и наружным установкам, которые будут являться требованиями к АСУТП в части:

- выбора структурной схемы системы;
- выбора средств автоматизации и вычислительной техники по степени защиты оболочки (IP), климатическому исполнению и категориям, по искробезопасности цепей, по взрывозащите и т. п.;
- выбора кабельной, проводниковой и монтажной продукции;
- выбора и исполнения кабельных и трубных проводок;
- организации рабочих мест операторов и другого оперативного и обслуживающего персонала системы;
- организации эксплуатации технических и программных средств АСУТП;
- других технических и организационных решений.

Подобные сведения определяются многими нормативными техническими документами. В схеме 5.Сх2 приведена «общая классификация зданий, помещений, сооружений и наружных установок» и указаны наиболее характерные параметры по каждой классифицированной группе.

В «Классификации» указаны нормативные документы, определяющие параметры, свойства и характеристики объектов по группам классификации.

Естественно, некоторые параметры могут представлять собою менее значимые или вовсе незначимые для АСУТП требования, другие же крайне обязательны при создании АСУТП, что, безусловно, зависит от типа, производственной принадлежности и условий жизнедеятельности создаваемой АСУТП.

Например, если ТОО расположен в городской черте, то для него и АСУТП этого объекта на нужны данные, которые определяются по СНиП 2.07.01—89 для функциональной зоны сельской местности.

Другой пример — для АСУТП объекта наружной и распределенной установки важными данными являются данные по группам (ГОСТ 25100—95) — для выбора вида кабельных и трубных проводок.

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

ВСН 62—91*	Проектирование среды жизнедеятельности с учетом потребностей инвалидов и маломобильных групп населения.
ГОСТ 4.148—85	Система показателей качества продукции. Устройства комплектные низковольтные. Номенклатура показателей.
ГОСТ 7.32—91	Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
ГОСТ 12.0.003—74	ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
ГОСТ 12.1.005—88	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
ГОСТ 12.1.012—90	ССБТ. Вибрация и безопасность.
ГОСТ 12.1.030—81	ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
ГОСТ 12.1.045—84	ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
ГОСТ 12.2.007.0—75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.2.049—80	ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
ГОСТ 19.101—77	ЕСПД. Виды программ и программных документов.
ГОСТ 19.201—78	ЕСПД. Техническое задание. Требование к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.202—78	ЕСПД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.301—79	ЕСПД. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.401—78	ЕСПД. Текст программы. Требование к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.403—79	ЕСПД. Ведомость держателей подлинников.
ГОСТ 19.404—79	ЕСПД. Пояснительная записка. Требование к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.501—78	ЕСПД. Формуляр. Требование к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.502—78	ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.503—79	ЕСПД. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.504-79	ЕСПД. Руководство программиста. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.505-79	ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 19.507-79	ЕСПД. Ведомость эксплуатационных документов.
ГОСТ 19.508-79	ЕСПД. Руководство по техническому обслуживанию. Требования к содержанию и оформлению.
ГОСТ 21.101-97	СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.
ГОСТ 21.109-80	СПДС. Ведомости потребности в материалах.
ГОСТ 21.110-95	СПДС. Правила выполнения спецификаций оборудования, изделий и материалов.
ГОСТ 21.408-93	СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
ГОСТ 24.104-85	ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
ГОСТ 24.112-80	Система технической документации на АСУ. Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропрооницанию.
ГОСТ 24.202-80	Система технической документации на АСУ. Требования к содержанию документа «Технико-экономическое обоснование создания АСУ»
ГОСТ 24.203-80	Система технической документации на АСУ. Требования к содержанию общесистемных документов.
ГОСТ 24.701-86	ЕССАСУ. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения.
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 26.015-81	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 29.05.002-82	Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Индикаторы цифровые знаковинтезирующие. Общие эргономические требования
ГОСТ 34.201-85	Информационная технология. Комплекс стандартов на АС. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
ГОСТ 34.601-90	Автоматизированные системы. Стадии создания.

ГОСТ 34.602—89	Техническое задание на создание автоматизированной системы
ГОСТ 6651—94	Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
ГОСТ 12997—84	Изделия ГСП. Общие технические условия.
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 21480—76	Система «Человек — машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21829—76	Система «Человек — машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21889—76	Система «Человек — машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21958—76	Система «Человек — машина». Зад и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования.
ГОСТ 22269—76	Система «Человек — машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
ГОСТ 23000—78	ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
ГОСТ 25100—95	Грунты. Классификация.
ГОСТ 25861—83	Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования по электрической и механической безопасности и методы испытаний
ГОСТ 27300—87	Информационно-измерительные системы. Общие требования, комплектность и правила составления эксплуатационной документации.
ГОСТ 27751—88	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету
ГОСТ Р 8.585-2001	Строительные конструкции и изделия. Книга 1. Разделы 1—3.
ГОСТ Р 51318.22—99	Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний.
ГОСТ Р 50377—92	Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое конторское оборудование.
ГОСТ Р 50628-2000	Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость машин электронных вычислительных персональных к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний

НПБ 88-2001	Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
НПБ 105-03	Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
НПБ 105-95	Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
ОРММ-3 АСУТП	Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления в отраслях промышленности.
ПУЭ, 6 и 7 издание	Правила устройства электроустановок
РД 50-34.698-90	АС. Требования к содержанию документов.
РТМ 25.951-90	Задание генпроектировщику на проектирование в смежных частях объекта автоматизации.
СНиП 2.01.07-85*	Нагрузки и воздействия.
СНиП 2.01.15-90	Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования.
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование.
СНиП 2.07.01-89	Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
СНиП 2.09.03-85	Сооружения промышленных предприятий.
СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации.
СНиП 11-89-80*	Генеральные планы промышленных предприятий.
СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений.
СНиП 23-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений.
СО 153-34.21.122-2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
СП 11-101-95	Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений!

5.16. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Исходные материалы	5.13
Технологический регламент	5.14
Требование	5.1
Требования к документам АСУТП	5.11

Таблица 5.11

Показатели аппаратурной надежности подсистем

Виды отказов подсистем	Средняя выработка на отказ, тыс. ч, по норме			Средняя производительность восстановления, ч на канал
	Вариант ответственности подсистемы			
	Общий	Повышенной надежности	Высокой надежности	
1	2	3	4	5
1. Сбор и предварительная обработка выделенной информации: — отказ одного канала, — одновреженный отказ всех или более каналов в одном УСО; — одновреженный отказ всех каналов одного УСО	10,0 30,0 100,0	20,0 70,0 150,0	30,0 100,0 200,0	1 1 1
2. Сбор и предварительная обработка дискретной информации: — отказ одного канала, — одновреженный отказ всех каналов одного УСО	10,0 100,0	20,0 130,0	30,0 200,0	1 1
3. Передача данных по интерфейсным каналам: — невозможность обмена данными между двумя любыми контроллерами; — невозможность обмена данными между тремя или более контроллерами; — невозможность обмена данными между любым из контроллеров и устройствами верхнего уровня (сервер, операторские и другие станции ПТК)	20,0 30,0 100,0	30,0 50,0 200,0	50,0 100,0 400,0	1 1 1
4. Предупредительная и аварийная сигнализация: — отказ одного канала, — отказ более чем одного канала	10,0 50,0	20,0 80,0	30,0 100,0	1 1
5. Автоматические регулирования: — отказ одного контура АР; — одновреженный отказ всех контуров АР в пределах одного контроллера; — ложное срабатывание по одному каналу	10,0 30,0 100,0	15,0 40,0 200,0	20,0 50,0 300,0	1 1 0,5

Окончание табл. 5.Т1

1	2	3	4	5
6. Логические и программное управление ЛУ и ПУ:				
— отказ одной программы ЛУ, ПУ;	10,0	15,0	20,0	1
— одновременный отказ всех программ одного контроллера;	15,0	30,0	50,0	1
— ложное срабатывание по каналу	100,0	200,0	300,0	0,5
7. Отображение информации оператору, технологу:				
— невозможность вызова одного видеокadra;	3,0	3,0	10,0	1
— отсутствие динамической информации по одному каналу;	3,0	5,0	10,0	1
— невозможность вызова всех видеокадров на одной операторской станции;	20,0	30,0	100,0	1
— невозможность вызова всех видеокадров на всех операторских станциях	200,0	300,0	400,0	1
8. Дистанционное управление:				
— невозможность управления по одному каналу;	50,0	100,0	200,0	1
— невозможность управления по двум и более каналам;	100,0	200,0	300,0	1
— ложное срабатывание по каналу	500,0	750,0	1000,0	0,5
9. Регистрация аварийных ситуаций				
— отказ по одному параметру;	3,0	10,0	20,0	1
— полный отказ	30,0	50,0	100,0	1
10. Расчетные функции:				
— отказ функции	1,0	2,0	3,0	4,0

Примечание. В данную таблицу не входят показатели надежности устройства ПТК, используемых при реализации функций технологических защит и защитных блокировок.

Таблица 5.72

Быстродействие АСУТП

Наименование параметра	Значение для ПТК АСУТП	
	Центральные вычислительные устройства	Экраны вычислительных устройств
1	2	3
1. Периодичность опроса сигналов, обеспечивающая требования по точности фиксации событий и значений аналоговых сигналов по отношению к системному времени ПТК (в зависимости от динамических свойств параметра): — дискретных пассивных; — дискретных инициативных; — аналоговых; — аналоговых для температурных параметров	0,5 с 1 мс 0,1–2 с 0,1–30 с	0,5 с 0,5–1,0 мс 0,5–1,0 мс 0,1–30 с
2. Задержка от подачи оператором команды вызова информации до начала вывода/до окончания вывода соответственно: — на экран монитора; — на экран коллективного пользования	1/(2–2,5) с 2/(3–4) с	1,0–2,0 с 2,0–3,0 с
3. Периодичность обновления информации: — на экране монитора, — на экране коллективного пользования	1,0–2,5 с 2,0–3,0 с	1,0–2,0 с 2,0–3,0 с
4. Задержка в отображении спонтанно появляющихся сигналов предупредительной и аварийной сигнализации на экранах мониторов операторских станций и экране монитора событийной станции	0,5–1,0 с	0,5–1,0 с
5. Задержка представления аварийных сигналов на световых табло в случае управления табло от ПТК	0,5–1,0 с	0,5–1,0 с
6. Периодичность обновления информации на обобщенной мнемосхеме в случае управления мнемосхемой от ПТК: — для аналоговой информации; — для дискретной информации	1,0–2,0 с 0,5–1,0 с	1,0–2,0 с 0,5–1,0 с
7. Время выдачи управляющего воздействия по каналам ТЗ после обнаружения аварийной ситуации (для ТЗ, не имеющих выдержки времени) в пределах	0,1–0,2 с	—
8. Время прохождения команды от момента нажатия оператором-технологом кнопки виртуального блока управления до появления сигнала на выходных цепях ПТК, не более	1,0 с	1,0 с

Окончание табл. 5.Т2

1	2	3
9. Задержка от момента выдачи оператором команды дистанционного управления до отображения на мониторе результатов выполнения команды без учета времени отработки команды объектом управления в пределах	1,5–2,0 с	1,5–2,0 с
10. Цикл расчета и выдачи команд для контуров регулирования и в большинстве штатных блокировок (в зависимости от динамических свойств объекта) должен находиться в пределах	0,02–3,0 с	0,02–0,25 с
11. Импульсы, подаваемые на исполнительный механизм (настраиваемый параметр): — минимальная длительность; — шаг изменения, не более	0,125 с 0,1 с	0,125 с 0,1 с
12. Задержка от момента приема команды от АСУТП вышестоящего уровня до начала ее отработки, не более	0,25 с	0,25 с
13. Задержка от момента приема команд управления от систем централизованного управления до начала ее отработки, не более	25 мс	25 мс

Таблица 5.73

Технические параметры аналоговых сигналов

Сигналы	Технические характеристики сигналов в каналах ввода информации	Диапазон измерений	Значение сигнала
1. Унифицированные токовые	Входное сопротивление каналов ввода не более 500 Ом	—	± 5 мА
	Максимально допустимое сопротивление нагрузки датчиков и нормирующих преобразователей 2000—2500 Ом	—	0—5 мА
	Входное сопротивление каналов ввода не более 250 Ом	—	± 20 мА
	Максимально допустимое сопротивление нагрузки датчиков и нормирующих преобразователей 1000—1500 Ом	—	0—20 мА 4—20 мА
2. Унифицированные напряжения	Входное сопротивление не менее 10 кОм	—	± 5 В 0—5 В
	Минимальное сопротивление нагрузки 2000 Ом	—	± 10 В 0—10 В 2—10 В
3. От термопар по ГОСТ Р 8.585-2001 и ГОСТ 6651-94	ХА(К)	-200—1000 °С	0,04 мВ/°С
	ХК(Л)	-200—600 °С	0,07 мВ/°С
	ПП(S)	0—1300 °С	0,006 мВ/°С
	ПР(В)	300—1600 °С	0,014 мВ/°С
4. От термометров сопротивления по ГОСТ 6651-94	50 М	± 50 °С	—
		0—50 °С 0—100 °С 0—50 °С	—
	100 М	0—100 °С 0—200 °С	—
		0—600 °С	—
50 П	0—600 °С	—	
	100 П	0—600 °С	—
5. От трансформаторов тока	Входная мощность, не менее: 0,1 ВА при $I_n = 1$ А 0,3 ВА при $I_n = 5$ А	$4/I_n$ — длительно; $20/I_n$ — ТУ 10 с; $100/I_n$ — ТУ 1 с; $250/I_n$ — ТУ при импульсном воздействии и длительностью не более 10 мс	0—1 А 0—5 А
6. От трансформаторов напряжения	Входная мощность нагрузки, не менее: 0,25 ВА	$1,4U_n$ — длительно; $1,9 U_n$ — ТУ 1 с	0—100 В

Таблица 5.Т4

Документы, разрабатываемые при проектировании системы в целом или ее частей
по ГОСТ 34.201-89 и по ОРММ-3 АСУТП

Наименование документа	Код документа по ГОСТ 34.201-89 АСУТП	Код документа по требованиям к документу				Допускается ли включение
		ГОСТ 34.201-89 АСУТП	ОРММ-3 АСУТП	ГОСТ 21.408-93 ИСД	ГОСТы разряда ЭД	
1	2	3	4	5	6	7
Эскизный проект (ЭП)						
Веломость эскизного проекта	ОР	ЭП* 2.1	—	—	—	—
Пояснительная записка к эскизному проекту	ОР	П1 2.2	—	—	—	—
Схема организационной структуры	ОР	С0 2.15	4Г 2.3.5.21	—	—	Допускается включать в документ ПЗ или ПВ
Схема структурной композиции технических средств	ТО	С1* 4.9	4А 2.3.5.7	Х ГОСТ, ОРММ	—	Допускается включать в документ П9
Схема функциональной структуры	ОР	С2* 2.3	7Г 2.3.5.24	—	—	При разработке документов С0, С1, С2, С3 на стадии ЭП допускается их включение в документ П1
Перечень заданий на разработку специализированных (новых) технических средств	ТО	В9 4.7	4В 2.3.5.27	Х ГОСТ, ОРММ	—	При разработке на стадии ТП допускается включать в документ П2
Схема автоматизации	ТО	С3* 4.1	2Д 2.3.5.11	Х 4.3	—	—
Техническое задание на разработку специализированных (новых) технических средств	ТО	— 4.5	—	—	—	В состав проекта не входят
Технический проект (ТП)						
Задания на разработку строительных, электротехнических, санитарно-технических и других разделов проекта, связанных с созданием системы	ТО	— 4.6	7Д 2.3.5.25	Х РМ 25.951-90	—	В состав проекта не входят

Продолжение табл. 5.Т4

№	Т	У	К	З	В	Г
Ведомость техниче-ского проекта	ОФ	ТП* 2.1	5А 2.3.5.1	-	-	-
Ведомость закупки и казнач	ОФ	ВГР* 2.4	7Б 2.3.5.20	-	-	-
Перечень входов и выходов в диалог	НО	В1 5.1	7Б 2.3.5.13	-	-	-
Перечень входов и выходов (доступных)	НО	В2 5.2	7В 2.3.5.14	-	-	-
Технический проект (ТП) (продолжение)						
Перечень заданий на разработку строительных, электротехнических, санитарно-технических и других разделов проекта, связанных с созданием системы	ТО	В3 8.8	7Д 2.3.5.23	Х	-	Допускается включать в документ П2
Подписительная записка к техническому проекту	ОФ	П2 2.2	7А 2.3.5.3	-	-	Включает план мероприятий по подготовке объекта к вводу системы в эксплуатацию
Описание автоматизируемых функций	ОФ	П3 2.5	3Б 2.3.5.9	-	-	-
Описание постановки задач (комплексная)		П4 2.6	3В 2.3.5.8	-	-	Допускается включать в документы П2 или П3
Описание информационного обеспечения системы	НО	П5 5.3	3Д 2.3.5.12	-	-	-
Описание организации информационной базы	НО	П6 5.5	3Е 2.3.5.18	-	-	-
Описание систем классификации и кодирования	НО	П7 5.8	3Ж 2.3.5.17	-	-	-
Описание массива информации	НО	П8 5.7	3М 2.3.5.15	-	-	-
Описание интерфейса технического средства	ТО	П9 4.2	-	-	-	Для задачи допускается включать в документ 46 по ГОСТ 19.101

Продолжение табл. 5.74

1	2	3	4	5	6	7
Описание программного обеспечения	ПО	<u>ПА</u> 6.1	<u>3Л</u> 2.3.5.19	—	—	—
Описание алгоритма (проектной процедуры)	МО	<u>ПБ</u> 7.1	<u>3М</u> 2.3.5.10	—	—	Допускается включать в документы П2, П3 или П4
Описание организационной структуры	ОО	<u>ПВ</u> 3.1	—	—	—	—
План расположения	ТО	<u>С8</u> 4.3	<u>5Б</u> 2.3.5.23	<u>Х</u> 4.6	—	Допускается включать в документ П9
Ведомость оборудования и материалов	ТО	<u>—</u> 4.20	<u>7Е</u> 2.3.5.29	Х	—	—
Локальный сметный расчет	ОР	<u>Б2</u> 2	<u>7А</u> 2.3.5.6	Х	—	—
Технический проект, рабочая документация (ТП, РД)						
Проектная оценка надежности системы	ОР	<u>Б1</u> 2.10	<u>1В</u> 2.3.5.28	—	—	—
Чертеж формы документа (надскаляр)	ИО	<u>С9</u> 5.8	<u>5А</u> 2.3.5.16	—	Х	На стадии ТП допускается включать в документы П4 или П5
Рабочая документация (РД)						
Ведомость держателей подлинников	ОР	<u>ДП*</u> 2.12	<u>4Б</u> 2.3.6.3	—	<u>20</u> ГОСТ 19.101-77	ГОСТ 19.403-79
Ведомость эксплуатационных документов	ОР	<u>ЭД*</u> 2.13	<u>9В</u> ГОСТ 24.203-80	—	—	—
Спецификация оборудования	ТО	<u>В4</u> 4.17	<u>—</u> ГОСТ 21.110-82	<u>С</u> 6	—	—
Ведомость потребности в материалах	ТО	<u>В5</u> 4.18	<u>—</u> ГОСТ 21.109-80	Х	Х	—
Ведомость машинных носителей информации	ИО	ИО	—	—	Х	—
Массив входных данных	ИО	ИО	—	—	Х	—
Каталог базы данных	ИО	ИО	—	—	Х	—

Продолжение табл. 5.Т4

1	2	3	4	5	6	7
Состав выходных данных (сообщений)	ИО	ИО	—	—	—	—
Локальная смета	ОР	ОР	—	Х	Х	—
Методика (технология) автоматизированного проектирования	ОО	ОО	—	—	Х	—
Технологическая инструкция	ОО	И2 3.3	И2 3.3	—	—	—
Руководство пользователя	ОО	И3 3.4	—	—	34 ГОСТ 19.508-79	—
Инструкция по формированию и ведению базы данных (набора данных)	ИО	И4 5.12	—	—	Х	—
Инструкция по эксплуатации КТС			—	—	34 ГОСТ 19.508-79	—
Схема соединения внешних проводов	ТО	С4* 4.10	4Е 2.4.6.5	Х 4.3	—	Допускается выполнять в виде таблиц
Рабочий документ штатив (РД)						
Схема подключения внешних проводов	ТО	С5* 4.11	4Ж 2.4.6.5	Х 4.3	—	Допускается выполнять в виде таблиц
Таблица соединений и подключений	ТО	С6 4.12	7К	Х 4.3	—	—
Схема деления системы (структурная)	ТО	Е1* 4.13	—	—	—	—
Чертеж общего вида	ТО	В0* 4.14	5В 2.4.6.4	Х 5.3	—	—
Чертеж установки технических средств	ТО	СА 4.15	5Г	Х	—	—
Схема первоначальной	ТО	СБ 4.16	4Д	Х 4.4	—	—
Схема структурная комплекса технических средств	ТО	С1* 4.9	—	Х ГОСТ, ОРММ	—	—
План расположения оборудования и проводов	ТО	С7 4.4	5Б 2.4.6.4	Х 4.6	—	—

Окончание табл. 5.Т4

1	2	3	4	5	6	7
Описание технологического процесса обработки кланья (включая телеобработку)	ОО	ПГ 3.5	—	—	81 ГОСТ 19.404-79	—
Общее описание системы	ОР	ПД 2.11	ЭН —	—	Х	—
Программа и методика испытаний (компонентов, комплексов средств автоматизации, подсистем, систем)	ОР	ПМ* 2.14	—	—	—	ГОСТ 19.301-79
Формуляр	ОР	ФО* 2.9	8А —	—	30 ГОСТ 19 501-78	—
Паспорт	ОР	ПС* 2.8	—	—	Х	—

* Документы, код которых установлен в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Примечания:

1. В таблице приняты следующие обозначения: ЭП — эскизный проект; ТП — технический проект; РД — рабочая документация; ОР — общесистемные решения, ОО — решения по организационному обеспечению, ТО — решения по техническому обеспечению; ИО — решения по информационному обеспечению; ПО — решения по программному обеспечению; МО — решения по математическому обеспечению.

2. Знак Х — означает принадлежность к проектно-сметной (ПСД) или эксплуатационной (ЭД) документации

3. Номенклатуру документов одного наименования устанавливают в зависимости от принятых при создании системы проектных решений

4. Код документа установлен по ГОСТ 34.201-89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем» и по ОРММ-3 АСУТП «Общотраслевые руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности»

5. Требования к документу изложены соответственно в РД 50-34.698-90 «Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования и содержание документов» по ГОСТ 34.201-89 и в ОРММ-3 АСУТП.

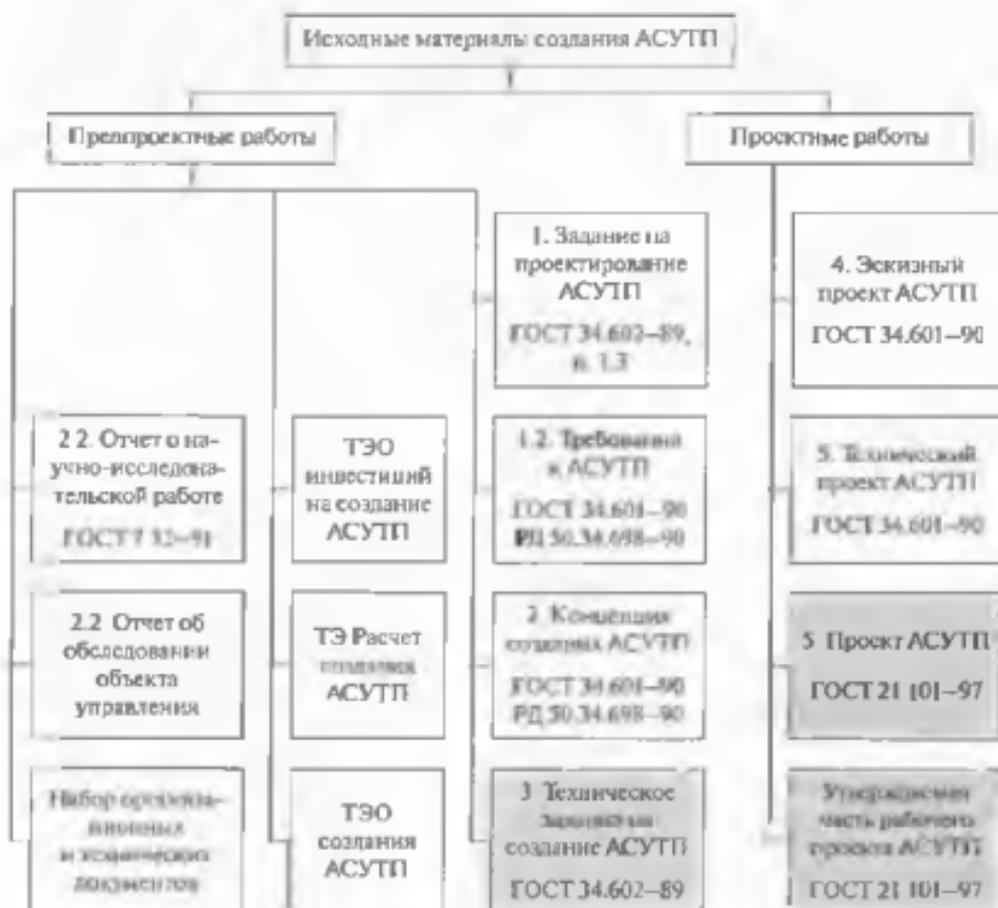
6. Код (обозначение) документов, отмеченных в графе «Принадлежность к проектно-сметной документации» знаком Х, может быть установлен по требованиям стандартов СПДС.

Таблица 5.75

Виды программных эксплуатационных документов

Идентификация вида документа	Виды документов		Ссылка в стандартах отрасли	Примечание
	ГОСТ 19.016-77	ГОСТ 34.214-89		
Программные документы				
Техническое задание на ПО	—	—	ГОСТ 19.201-78	
Спецификация	—	—	ГОСТ 19.202-78	
Ведомость держателей подпрограмм	05	ДП	ГОСТ 24.113-89 РД 50-34.698.90	
Тест программы	12		ГОСТ 19.401-78	
Описание программы	13	ПЧ ПА	ГОСТ 19.402-78 РД 50-34.698.90	
Программа в формате компьютерной ПМД	14	ПМ	РД 50-34.698.90	
Пояснительная записка	81	ПЗ	РД 50-34.698.90	
Эксплуатационные документы ЭД				
Ведомость ЭД	20	ЭД	ГОСТ 34.299-89	
Формуляр	30	ФО	ГОСТ 19.501-78 РД 50-34.698.90	
Отчеты применения	34	ПЗ	ГОСТ 19.502-78 РД 50-34.698.90	
Руководство системного программиста	32		ГОСТ 19.503-79	
Руководство программиста	33		ГОСТ 19.504-79	
Руководство операторов	34		ГОСТ 19.505-79	
Словарь языка	35			
Руководство по технической документации	46			
Прочие документы	96-99		—	

Документы, содержащие исходные материалы по созданию АСУТП



— время создания АСУТП определяется по «Справочнику базовых цен на разработку технической документации на АСУТП»

Схема 5.Сх2

Общая классификация зданий, помещений, сооружений и наружных установок



Продолжение схемы 5.Сх.2



* Устанавливается генеральной проектной группой.

Продолжение схемы 5 Сх.2

*Примечание*

Примечание Подробнее смотри рекомендации Министройзащиты России «Рекомендации по проектированию окружающей среды, здания и сооружений с учетом потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения». Выпуск 20 «Промышленные предприятия, здания и сооружения для труда инвалидов различных категорий», 1984 год.

Продолжение схемы 3.Сх2



Окончание схемы 5.Сх2



Глава 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЕКТА

	Лист
6.1. Различия между стадиями проектирования	6-1
6.2. Формализация выполнения работ	6-4
6.3. Блок-схема и комментарий «Разработка утверждаемой части рабочего проекта РП»	6-5
6.3.1. Процедура разработки	6-5
6.3.2. Предварительные требования к смежным частям проекта	6-11
6.3.3. Согласование и утверждение	6-13
6.3.4. Протокол утверждения	6-14
6.4. Блок-схема и комментарий «Разработка рабочей документации РД»	6-15
6.5. Особые требования	6-20
6.6. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	6-21
6.7. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	6-22
Перечень таблиц	
6.Т1. Комплектование документации по стадиям проектирования	6-23
6.Т2. Состав документов утверждаемой части рабочего проекта АСУТП	6-24
6.Т3. Состав программной документации АСУТП	6-26
6.Т4. Перечень заданий на проектирование в смежных частях проекта АСУТП	6-28
Перечень схем	
6.Сх.1. Блок-схема «Разработка рабочего проекта (РП)»	6-29

6.1. РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ СТАДИЯМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В главе 3 рассмотрены стадии и этапы создания АСУТП по ГОСТ 34.601–90, ГОСТ 34.201–89 и ГОСТ 19.101–77*.

В данной главе излагаются требования, которые предъявляются к менеджменту управления проектом при выполнении рабочего проекта с утверждаемой частью.

Рабочий проект с утверждаемой частью (одностадийное проектирование) является наиболее распространенным в практике проектирования АСУТП.

Проектирование в 2 стадии – проект (технический проект) и рабочая документация проводятся при создании крупных, оригинальных, дорогостоящих объектов управления АСУТП. Такое проектирование включает значительное число согласований в различных территориальных и федеральных органах, экспертизу принятых решений, что требует трудовых, временных (часто продолжительных) и финансовых затрат. Вследствие этого целесообразно разделение процесса проектирования на 2 стадии со своими затратами и сроками выполнения.

Одностадийное проектирование также, как правило, требует согласования и утверждения основных технических решений. Однако согласования при одностадийном проектировании носят информационный, локальный, оценивающий характер в отличие от более глобального, определяющего, устанавливающего, разрешающего экспертного характера согласований при двухстадийном проектировании. Такое разделение характера согласований условно и указывает на принципиальное различие стадий проектирования технологического объекта управления и АСУТП этого объекта.

Тем не менее, исходя из изложенного, состав утверждаемой части рабочего проекта соответствует составу проекта (технического проекта) при двухстадийном проектировании.

Рабочая документация при одностадийном или двухстадийном проектировании одинакова по своему составу.

Проектные документы АСУТП, разрабатываемые на различных стадиях проектирования, комплектуются таким образом, как это приведено в таблице 6.Т1.

Комплектация утверждаемой части не требует отдельного пояснения, следует отметить лишь возможные отклонения от состава комплекта по просьбе/требованию заказчика или организации-эксперта.

В общем случае состав утверждаемой части рабочего проекта (проекта при двухстадийном проектировании) приведен в таблице 6.Т2.

Ниже пояснены составы комплектов рабочей документации (рабочих чертежей), которые составлены на основании пп. 4.2.1, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7, 4.2.9 ГОСТ 21.101–97 «СПДС. Основные требования к рабочей документации» и пп. 4.1.1, 4.2.1, 4.2.2 ГОСТ 21.408–93 «СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Указанные пункты ГОСТов координируются с таблицей 2 ГОСТ 34.201–89 «ИТ КСАС. Виды комплектности и обозначения документов при создании автоматизированных систем».

По ГОСТ 21.101–97 рабочие чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ, объединяют в основные комплекты по маркам (для АСУТП принимают, как правило, марку АТХ).

В состав основных комплексов рабочих чертежей включают:

- общие данные по рабочим чертежам;
- чертежи и схемы, предусмотренные соответствующими стандартами СПДС

На первых листах каждого основного комплекта рабочих чертежей приводят общие данные по рабочим чертежам, включающие:

- ведомость рабочих чертежей основного комплекта;
- ведомость ссылочных и прилагаемых документов;
- условные обозначения, не установленные государственными стандартами, и значения которых не указаны на других листах основного комплекта рабочих чертежей;
- общие указания;
- другие данные, предусмотренные соответствующими стандартами СПДС.

Ведомость ссылочных и прилагаемых документов составляют по разделам:

- ссылочные документы;
- прилагаемые документы.

В разделе «Ссылочные документы» указывают документы, на которые приведены ссылки в рабочих чертежах, в том числе:

- чертежи типовых конструкций, изделий и узлов с указанием наименования и обозначения серии и номера выпуска;
- стандарты, в состав которых включены чертежи, предназначенные для изготовления изделий, с указанием их наименования и обозначения.

Ссылочные документы проектная организация выдает заказчику только по отдельному договору.

В разделе «Прилагаемые документы» указывают документы, разработанные в дополнение к рабочим чертежам основного комплекта, в том числе:

- эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий (при необходимости);
- спецификацию оборудования, изделий и материалов;
- локальную смету;
- другую документацию, предусмотренную соответствующими стандартами СПДС.

Прилагаемые документы проектная организация выдает заказчику одновременно с основным комплектом рабочих чертежей.

При наличии нескольких основных комплектов рабочих чертежей одной марки составляют ведомость комплектов этой марки, которую приводят на листе общих данных для каждого из этих комплектов.

В общих указаниях приводят:

— основание для разработки рабочей документации (задание на проектирование, утвержденный проект);

— запись о результатах проверки на патентоспособность и патентную чистоту впервые применяемых в проекте оборудования, приборов, конструкций, изделий и материалов, а также номера авторских свидетельств и заявок, по которым приняты решения о выдаче авторских свидетельств на используемые в рабочей документации изобретения;

— запись о том, что рабочие чертежи разработаны в соответствии с действующими нормами, правилами и стандартами;

— перечень видов работ, для которых необходимо составлять акты освидетельствования скрытых работ;

— сведения о том, кому принадлежит данная интеллектуальная собственность (при необходимости).

— другие необходимые указания.

В общих указаниях не следует повторять технические требования, помещенные на других листах основного комплекта рабочих чертежей, и давать описание принятых в рабочих чертежах технических решений.

Требования к основному комплекту рабочих чертежей технического обеспечения АСУТП и систем автоматизации изложены в ГОСТ 21.408—93.

«4.1. Состав основного комплекта рабочих чертежей систем автоматизации.

4.1.1. В основной комплект рабочих чертежей систем автоматизации марки А... (далее основной комплект) в общем случае включают:

- общие данные по рабочим чертежам;
- схемы автоматизации;
- схемы принципиальные (электрические, пневматические);
- схемы (таблицы) соединений и подключения и внешних проводок;
- чертежи установок средств автоматизации.

4.1.4. Для объектов с небольшим объемом монтажных работ по автоматизации допускается объединять рабочие чертежи автоматизации различных технологических процессов и инженерных систем в один основной комплект, если их монтаж осуществляет одна монтажная организация. Объединенному основному комплекту присваивают марку АК.

4.1.5. В случае применения приборов с радиоизотопными методами измерения рабочие чертежи для их монтажа выделяют в самостоятельный основной комплект.

4.2. Общие данные по рабочим чертежам (см. блок-схему 6.Сх.1 и комментарий).

4.2.1. Общие данные по рабочим чертежам (далее — общие данные) выполняют по ГОСТ 21.101—97. При этом ведомость спецификаций не составляют.

4.2.2. Дополнительно к указанным в ГОСТ 21.101—97 данным включают:

— таблицу исходных данных и результат расчетов сужающих устройств (не поставляемых промышленностью) по форме 1*;

— таблицу исходных данных и результатов расчетов регулирующих органов по форме 2*;

— перечень закладных конструкций, первичных приборов (размещаемых на технологическом, санитарно-техническом и другом оборудовании и коммуникациях) по форме 3.

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».

Формы 1, 2, 3 приведены в ГОСТ 21.408—93

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

Состав программной документации на стадии разработки «Рабочая документация» регламентируется п. 2.5 ГОСТ 19.101–77* «Виды программ и программных документов» и приведен в таблице 6.Т3.

В таблице указаны ГОСТы системы ЕСПД, в которых изложены требования к содержанию и оформлению приведенных в таблице документов. В таблице приведены также наименования эксплуатационных документов ЭД, которые должны быть разработаны при создании АСУТП.

Перечень программных документов невелик

Кроме приведенных в таблице 6.Т3 документов ГОСТ 34.201–89 (таблица 2) рекомендует разрабатывать в качестве эксплуатационной документации ряд документов:

- Методика (технология) автоматизированного проектирования (И1);
- Технологическая инструкция (И2);
- Руководство пользователя (И3);
- Инструкция по формированию и ведению базы данных (набора данных) (И4);
- Описание технологического процесса обработки данных (включая телеобработку) (ПГ).

При современном проектировании АСУТП с использованием SCADA-систем необходимость в разработке перечисленных ЭД по существу отпадает, т. к. фирменная SCADA содержит описание или инструкцию по ее использованию в различных условиях эксплуатации (разработка, доработка, установка, изменение и т. п.).

Эксплуатационные документы окончательно формируются и утверждаются по результатам проведения этапа «внедрение, ввод в эксплуатацию АСУТП (опытная эксплуатация АСУТП)». Таким образом, при заключении контракта (договора) на создание АСУТП следует выделить из работ на стадии «Рабочая документация» разработку эксплуатационной документации и включить ее в работы, входящие в объем этапа «ввод в эксплуатацию».

6.2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Формализация организации выполнения проектных работ, как всякая формализация действий и операций, страдает отсутствием отражения отдельных нюансов и некоторых подопераций, которые по существу характеризуют специфику конкретного проекта. В то же время формализация проектирования создает направленное восприятие хода выполнения проекта, указывает проектные процедуры и основные связи между исполнителями и разрабатываемыми документами, позволяет определить участников и сроки начала и окончания работ по видам обеспечения и конкретным документам проектирования.

«Методическое пособие» предлагает блок-схемы: «Разработка утверждаемой части рабочего проекта» и «Разработка рабочей документации».

Организация–исполнитель проектных работ может использовать предлагаемые блок-схемы за образец при разработке внутреннего графика выполнения проекта. Соответствующие необходимые дополнения и изменения к блок-схемам со-

гласовываются с конкретными руководителями разработчиков отдельных видов обеспечения.

Для каждой блок-схемы приводится построчный комментарий, излагающий процедуры, необходимые для выполнения стадий рабочего проекта.

6.3. БЛОК-СХЕМА И КОММЕНТАРИЙ «РАЗРАБОТКА УТВЕРЖДАЕМОЙ ЧАСТИ РАБОЧЕГО ПРОЕКТА (РП)»

6.3.1. Процедура разработки

Блок-схема «Разработка утверждаемой части рабочего проекта (РП)» или равноценная ей блок-схема «Разработка проекта (П)» содержит 6 листов (схема 6.Сх1).

Первые 4 листа отражают процедуры разработки документов данной стадии проектирования.

Планшет листа блок-схемы – 16 строк и 12 граф.

Строки имеют №№ X/01- X/16, где X соответствует номеру листа блок-схемы.

Графы слева направо соответствуют:

1. **Заказчик** (в этой графе указываются заказчик или исполнители других смежных частей проекта АСУТП – ТХ, АР и др.);

2. **Секретариат (секр.)** исполнителя по АСУТП (также в этой графе могут быть указаны вспомогательные подразделения/лица исполнителя – архив, нормоконтроль и др.);

3. и 4. **Финансовый** и **технический** руководители (ФД и ТД);

5. **Главный инженер** проекта (руководитель проекта, главный конструктор системы, менеджер проекта) (ГИП);

6., 7., 8., 9., 10., 11. **Исполнители** частей АСУТП по общесистемным решениям (ОР), организационному обеспечению (ОО), техническому обеспечению (ТО), информационному обеспечению (ИО), математическому обеспечению (МО), программному обеспечению (ПО); отдельные части обеспечения могут выполняться субподрядчиком, субисполнителем, возможно привлечение к выполнению части проекта нескольких соисполнителей.

12. В последней графе указываются номера строк на конкретном листе блок-схемы

Прямоугольник в левой части строки предназначен для указания календарной даты начала или окончания выполнения проектной процедуры.

На строках графически изображаются документы и процедуры:

 – документ в стадии разработки;

 – документ разработан;

 – процедура контроля, анализа, рассмотрения;

ОС – согласующее должностное лицо;

→ – направление движения или воздействия документа.

Обозначение документов соответствует ГОСТ 34.201–89 и имеет пояснительную надпись на строке.

Отдельные документы имеют индивидуальные обозначения, например, ЗДАС, ЭС – задание на помещение и электроснабжение.

**Комментарий к блок-схеме
«Разработка утверждаемой части рабочего проекта» (схема 6.Сх1)**

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
1/01	<p>КП – контракт подписан и оформлен как документ двумя сторонами (заказчиком и исполнителем). Исполнитель по условиям контракта приступает к выполнению обязательств:</p> <p>А. После подписания контракта.</p> <p>Б. После получения аванса на счет исполнителя.</p> <p>В. После получения исполнителем перечисленных в контракте документов и материалов.</p> <p>Г. После выполнения других условий контракта</p>
1/02	<p>Главный инженер проекта ГИП в случае необходимости уточняет с заказчиком требования и исходные материалы ИМС</p>
1/03	<p>ГИП анализирует исходные материалы с целью передачи их в подразделение для организации выполнения проектных работ и передачи техническому директору для проведения технической координации по проекту</p>
1/04	<p>Исходные материалы ИМС переданы в производственные подразделения и техническому директору ГИП при передаче ИМС назначает дату и место проведения первого организационно-технического совещания (строка 1/12)</p>
1/05	<p>Технический директор и производственные (проектные) подразделения осуществляют приемочный контроль полученных ИМС, выявляют несоответствующие или непонятные (неоднозначные) требования и материалы. Каждый соисполнитель проекта может подготовить запрос ГИПу по неполноте или неоднозначности ИМС (итерация на строку 1/02; ГИП объединяя и анализируя запросы соисполнителей проводит необходимые переговоры с заказчиком – либо лично, либо поручает их проведение отдельным соисполнителям)</p>
1/06	<p>Соисполнители видов проектных работ осуществляют необходимую проработку ИМС. Специалист-системотехник ОР и специалист по разработке технического обеспечения начинают разрабатывать материалы по функциональным, организационным и техническим решениям системы</p>
1/07 1/08	<p>Специалист ОР разрабатывает вариант схемы функциональной структуры С2.1 и вариант схемы организационной структуры С0.1. Схемы (при необходимости) согласовываются с разработчиками ТО, ИО, МО и ПО</p>
1/09	<p>Структурные схемы С0.1 и С2.1 рассматриваются и корректируются в подразделении, выполняющем общесистемные разработки</p>
1/10	<p>Структурная схема комплекса технических средств (КТС) С1.1 проходит согласование с разработчиками функциональной и организационных структур системы, а также с разработчиками информационного, алгоритмического и программного обеспечения в части выбора информационных технологий, выбора основных технических и программных средств системы</p>
1/11	<p>Все соисполнители разработки системы и заказчик имеют возможность и право ознакомления как с исходными материалами (строка 1/06), так и с подготовленными вариантами схем С0.1, С1.1, С2.1 с целью делового участия в первом организационно-техническом совещании</p>

Продолжение комментария

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
1/12	<p>Координатор совещания – главный инженер проекта проводит первое организационно-техническое совещание 1, желательно с присутствием представителя заказчика.</p> <p>Основные цели совещания 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ хода проектных работ. 2. Оценка активности соисполнителей в реализации требований к системе. 3. Анализ предлагаемой организационной структуры ТОО после внедрения АСУТП (С0.1). 4. Анализ предлагаемой функциональной структуры (С2.1). 5. Анализ предлагаемой структуры КТС АСУТП (С1.1). 6. Анализ структуры информационных технологий и систем передачи информации (С1.1). 7. Оценка предлагаемых комплексов технических, программных и программно-технических средств АСУТП. 8. Выработка конкретных предложений, направленных на более полное, приемлемое удовлетворение требований к системе. 9. Выработка предложений по необходимой корректировке рассматриваемых структурных схем. 10. Уточнение сроков и исполнителей выполнения последующих проектных работ. 11. Согласование календарного плана выполнения проектных работ
1/13	По результатам совещания 1 ГИП составляет и оформляет протокол совещания ПР1 , утверждает его у технического директора
2/01	Предложения и решения, изложенные в протоколе ПР1 совещания 1, передаются соисполнителям, в первую очередь разработчикам общесистемных решений (ОР) и технического обеспечения (ТО) для учета при корректировке структурных схем и при их доработке
2/02 2/03	Схема функциональной структуры дорабатывается в схему С2.2 и путем итеративного контроля в подразделении подготавливается для передачи соисполнителям системы ИО, ТО
2/04 2/05	Схема организационной структуры дорабатывается до схемы С0.2, анализируется и контролируется в подразделении, разрабатывающем общесистемные решения, и передается соисполнителям системы ИО, ТО. На основе С0.2 проводится подготовка «Зданий по смежным частям проекта»
2/06 2/07	Доработка структурной схемы комплекса технических средств (КТС) системы С1.2, анализ и проверка её в подразделении ТО
2/08 2/09	На основании С1.2 разрабатывается чертёж «План расположения КТС» С8.2, который согласовывается с ОР и со смежными частями проекта (архитектурно-строительной (АР), технологической (ТХ), электроснабжения (ЭС), силовое электрооборудование ЭМ и др. при необходимости). В определенном случае «План расположения» согласовывается с заказчиком (строка 2/07)
2/10	Подразделения по информационному обеспечению системы анализируют схемы С0.2, С1.2, С2.2, С8.2 с целью составления на их основе «Ведомостей данных ввода В1/И и данных вывода В2/И» (строка 2/11). Подразделение ТО разрабатывает схему автоматизации С3.2 и «Ведомости» (см. 2.11)

Окончание комментария

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
2/11 2/12	Подразделение ТО составляет «Ведомости сигналов ввода В1/Т и сигналов вывода В2/Т», «Ведомость оборудования ВОМ», которые проверяются и дорабатываются в подразделении. Разницу между ведомостями В1/И-В1/Т, В2/И и В2/Т см. в примечание 4
2/13 2/14	Все перечисленные материалы анализируются специалистами всех видов обеспечения с целью подготовки к участию в работе совещания 2

Комментарий к блок-схеме «Разработка рабочей документации» (схема 6.Сх1)

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
2/15	<p>Координатор совещания 2 (ГИП) организует и проводит техническое совещание 2 разработчиков АСУТП с участием представителя заказчика и отдельных смежных частей проекта (АР, ТХ).</p> <p>Цель совещания 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ хода проектных работ. 2. Рассмотрение основных организационных и технических решений по АСУТП на основании схем С0.2, С1.2, С2.2, С3.2, С8.2 и ведомостей В1.2/И и В1.2/Т. 3. Анализ реализации предложений и решений совещания 1 в рассматриваемых материалах. 4. Определение основных фирм, предприятий поставщиков: <ul style="list-style-type: none"> — комплекса программно-технических средств верхнего уровня АСУТП, в том числе SCADA; — комплекса программируемых логических контроллеров среднего уровня системы; — средств автоматизации СА; — комплекса средств информационной технологии межуровневых связей и связей со смежными АСУТП и с системами АСУП. <p>Фирмы выбираются из «Списка фирм, предприятий-поставщиков СВТ и СА», принятого к исполнению в организации исполнителя создания АСУТП по «Системе менеджмента качества ИСО 9000:2000».</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Выработка предложений по необходимой корректировке и доработке представленных структурных схем и ведомостей. 6. Согласование сроков и конкретных исполнителей подготовки материалов и пояснительной записки утверждаемой части рабочего проекта. 7. Согласование срока выдачи «Заданий по смежным частям проекта АСУТП»
2/16	По результатам проведенного совещания 2 ГИП составляет и оформляет протокол совещания ПР2, утверждает его у технического директора
3/01	Решение совещания 2, изложенное в протоколе ПР2, передается исполнителям для реализации их в документах утверждаемой части рабочего проекта
3/02 3/07 3/16	Исполнители проекта по техническому обеспечению ТО АСУТП дорабатывают структурную схему КТС, оформляют её соответствующим образом, как документ утверждаемой части РП (С1)
3/04 3/05 3/15	Исполнители проекта по общесистемным решениям дорабатывают схему организационной структуры, оформляют её как документ утверждаемой части РП (С0)

Продолжение комментария

№ строки	Процедуры во разработке утверждаемой части рабочего проекта
3/06 3/07 3/15	То же, схема функциональной структуры (С2)
3/08 3/09 3/16	Исполнители ТО АСУТП дорабатывают план расположения КТС, оформляют его соответствующим образом, как документ утверждаемой части РП (С8) и как документ для включения в «задание по смежным частям проекта АСУТП»
3/10 3/11 3/12	Исполнители ТО АСУТП дорабатывают схему автоматизации (С3), ведомость входных сигналов (В1/Т), ведомость выходных сигналов (В2/Т) и ведомость оборудования (ВО); исполнители информационного обеспечения ИО дорабатывают ведомость входных данных В1/И и ведомость выходных данных В2/И для передачи их с целью обобщения исполнителям ТО
3/13 3/14 3/15	Исполнители ТО АСУТП, получив от исполнителей ИО ведомости ввода/вывода данных В1, 2/И, и разработанные ведомости ввода/вывода сигналов В1, 2/Т, составляют обобщенные ведомости входных/выходных данных и сигналов В1, 2
3/11 3/13	Исполнители ТО АСУТП передают исполнителям общесистемных решений (или в сметное подразделение организации) «взаимность оборудования» для разработки сметно-финансового расчета стоимости АСУТП (Б2.1)
3/13 3/14 3/16	Сметное подразделение разрабатывает сметно-финансовый расчет, оформляет его надлежащим образом как документ утверждаемой части РП (Б2)
3/13 3/14 3/11 3/12 3/15	Исполнители ТО АСУТП оформляют разработанные ведомости входных/выходных данных и сигналов в документы В1 и В2 утверждаемой части РП
3/15 3/16 4/03	Документы С0, С1, С2, С3, С8, В1, В2, ВОМ и Б2 подготовлены в подразделениях как документы утверждаемой части рабочего проекта, им присвоены обозначения, основные надписи документов оформлены необходимым образом.
4/01 4/02	<p>Подразделения организации готовят в соответствии с решением совещания 2 (ПР2) соответствующие разделы общей пояснительной записки утверждаемой части РП (ИЗУЧ):</p> <ul style="list-style-type: none"> – общесистемные решения (ОР): <ul style="list-style-type: none"> П2 – пояснительная записка к проекту (по существу должна являться общей пояснительной запиской утверждаемой части РП); П3 – описание автоматизируемых функций; П4 – описание постановки задач АСУТП; – организационное обеспечение (ОО): <ul style="list-style-type: none"> П5 – описание организационной структуры; – информационное обеспечение (ИО): <ul style="list-style-type: none"> П6 – описание информационного обеспечения системы; П7 – описание организации информационной базы; П8 – описание системы классификации и кодирования; П9 – описание массива информации; – техническое обеспечение (ТО).

Окончание комментария

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
	П0 – описание комплекса технических средств; – программное обеспечение (ПО); ПА – описание программного обеспечения
4/03 4/04	ГИП на основании подготовленных разделов компоует и оформляет общую пояснительную записку ПЗУЧ (возможна итерация разделов (строки 4/01 и 4/02))
4/04 4/05 4/06	ГИП комплектует и подписывает утверждаемую часть (УЧ) рабочего проекта в составе: ПЗУЧ, С0, С1, С2, С3, С8, В0, В1, В2 и Б2
4/07 4/08 4/05	Утверждаемая часть (УЧ) проходит нормоконтроль организации – исполнителя рабочего проекта АСУТП
4/09 4/10 4/05	Утверждаемая часть (УЧ) проходит контроль и подписание у технического директора
4/11 4/12 4/05	Утверждаемая часть (УЧ) проходит контроль и подписание у ответственного руководителя организации (в нашем случае у финансового директора ФД)
4/13 4/14 4/05	Утверждаемая часть (УЧ) передана в архив для регистрации. После регистрации в архиве документы УЧ приобретают статус официальных документов организации-исполнителя
4/15	Размножение и комплектация документов УЧ в необходимом количестве по записке ПС от ГИПа
4/16	Официальная отправка секретариатом (или иным подразделением, как установлено в организации-исполнителе) необходимого числа экземпляров утверждаемой части рабочего проекта УЧ заказчику

Примечания:

1. Документ **Б1** «Проектная оценка надежности системы» следует выполнять на стадии «Рабочая документация» ввиду того, что на стадии «Утверждаемая часть **РП**» окончательно не выбраны средства вычислительной техники, автоматизации и информационных технологий.

2. Документ **С9** «Чертеж формы документа (видеокадра)» отдельно не разрабатывается, а включается в документы **П4** или **П5** «Описание постановки задач», «Описание информационного обеспечения системы».

3. Строки 2.10, 2.11, 2.12, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15: «Перечень (ведомость) входных сигналов» и «Перечень (ведомость) выходных сигналов» **В1/Т** и **В2/Т** составляются соответственно пп. 5.1.2 и 5.2.2 РД 50-34.698-90, как «Ведомости сигналов» при разработке схем автоматизации технического обеспечения **АСУТП**. «Перечень (ведомость) входных сигналов» и «Перечень (ведомость) выходных сигналов» **В1/И** и **В2/И** составляются по требованиям соответственно пп. 5.1.3 и 5.2.3 РД 50-34.698-90 как «Перечень документов» при разработке информационного обеспечения.

6.3.2. Предварительные требования к смежным частям проекта

Листы 5 и 6 посвящены процедурам передачи заказчику предварительных заданий по смежным частям проекта.

Задания по смежным частям проекта АСУТП имеют цель: подготовить требования к обеспечению разрабатываемой АСУТП проектно-сметной документацией смежных частей — архитектурно-строительной, электротехнической, сантехнической, связи и сигнализации и др.

Требования направлены на то, чтобы создаваемая АСУТП, ее материально-технические части и персонал системы были размещены в соответствующих строительных конструкциях, имели необходимые климатические условия эксплуатации, получили гарантированное энергообеспечение, средства связи и сигнализации, пожарной автоматики, а также были физически сопряжены с технологическим оборудованием и трубопроводами для установки автоматических датчиков контроля параметров и установки исполнительных органов управления.

Содержание заданий по смежным частям проекта АСУТП определяется главой 20.

На рассматриваемой стадии проектирования подготавливаются и передаются заказчику предварительные задания, которые определяют основные, наиболее существенные для учета на данном проектном этапе, требования к общепромышленному обеспечению работоспособности АСУТП.

В общем случае в предварительных заданиях должны быть освещены следующие требования:

Предварительное задание АСП «Перечень помещений АСУТП и требования к строительной части» содержит требования:

- местоположение каждого помещения АСУТП;
- размеры (ширина, длина, высота — $m/m/m$) помещений;
- нагрузки на пол в помещениях;
- посменное количество и категория персонала, использующие помещения АСУТП.

Предварительное задание ЭСП «Перечень электропотребителей АСУТП и требования к электротехнической части» содержит требования:

- местоположение электропотребителей АСУТП;
- категория надежности электроснабжения;
- системы заземления и токоведущих проводников;
- напряжение и частота электрического тока;
- установленная мощность каждого электропотребителя;
- зоны защиты от импульсных перенапряжений.

В предварительном задании КЖП «Перечень площадок обслуживания эстакад» приводятся требования:

- трасса кабельных конструкций (эстакад);
- высота эстакад над рабочей поверхностью;
- нагрузки на кабельные конструкции;
- местоположение площадок обслуживания средств автоматизации (в особых случаях) и нагрузки на площадки.

Предварительные задания ВСП, ТЧСП, ХСП «Перечни потребителей сжатого воздуха (гидроэнергии; тепла; хладагента) и требования к ним» предъявляют требования по видам энергоносителей:

- местоположение коллекторов энергопотребителей;
- качественные параметры энергоносителей (давление, температура, чистота);
- расходы мгновенные и часовые/суточные энергоносителей.

Предварительное задание СС 1П «Перечень средств связи и сигнализации» определяет виды связи и сигнализации для обеспечения функционирования персонала АСУТП и количество, и местоположение точек связи по каждому виду связи и сигнализации.

Предварительное задание СС 2П «Перечень сетей передачи данных» содержит требования:

- местоположение распределительных устройств различных систем сбора и передачи информации (АСУТП, АСУП, АСКУЭ, радио, телевидение, пожарная сигнализация и т. д., и т. п.);

– характеристика параметров передаваемых сигналов (пропускная способность канала, скорость передачи, ширина пропускания канала, затухание канала и др.).

Предварительные задания по пожарной сигнализации и пожаротушению готовятся в архитектурно-строительной части проекта.

Перечень заданий, которые в общем случае могут разрабатываться для передачи заказчику приведен в таблице 6.Т4.

Комментарий к блок-схеме «Разработка рабочей документации» (схема 6.Сх1)

№	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
5/01 5/02	Специалисты по разработке технического обеспечения подготавливают «Предварительные задания на помещения АСУТП и энергоснабжение» ЗД АСП и ЗД ЭСП
5/03 5/04 5/05	ГИП рассматривает, при необходимости отправляет на доработку, подписывает подготовленные задания
5/06	Предварительные задания направляются заказчику
5/09 5/10	Разработчики технического обеспечения готовят «Предварительные задания на энергоснабжение средств автоматизации»
5/11 5/12 5/13 5/14	Задания анализируются и подписываются ГИПом
5/15	Предварительные задания официально передаются заказчику. Эти задания могут потребовать от заказчика проектирования новых видов инженерных систем предприятия
6/01 6/02	Предварительные задания на основные проходы через стены или перекрытия, на кабельные эстакады или каналы подготавливаются специалистами по автоматизации
6/03 6/04	ГИП анализирует и подписывает задания
6/05	Предварительное задание официально направляются заказчику для передачи их на проектирование раздела (марки) КЖ и АР
6/09 6/10	Задания на средства связи подготавливаются либо специалистами по ТО, либо ОР, либо ОО по предложению ГИПа
6/11 6/12 6/13	Задания на средства связи для АСУТП подписывает ГИП и направляет заказчику

6.3.3. Согласование и утверждение

Заказчик, получив от исполнителя материалы утверждаемой части РГ, обязан организовать их рассмотрение и согласование в определенных органах, в том числе при необходимости проведения экспертизы проектной документации.

Проекты строительства представляются заказчиком в государственный экспертный орган, осуществляющий комплексную экспертизу, в объеме, предусмотренном действующими нормативными документами на их разработку, вместе с исходной и разрешительной документацией, необходимыми согласованиями и заключением государственной экологической экспертизы (если документация не рассматривается совместно).

При экспертизе проектов в общем случае проверяется:

- соответствие принятых решений обоснованию инвестиций в строительство объекта, другим предпроектным материалам, заданию на проектирование, а также исходным данным, техническим условиям и требованиям, выданным заинтересованными организациями и органами государственного надзора при согласовании места размещения объекта;
- наличие необходимых согласований проекта с заинтересованными организациями и органами государственного надзора;
- достаточность и эффективность технических решений и мероприятий по охране окружающей природной среды, предупреждению аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;
- обеспечение безопасности эксплуатации предприятий, зданий и сооружений и соблюдение норм и правил взрывопожарной и пожарной безопасности;
- соблюдение норм и правил по охране труда, технике безопасности и санитарным требованиям;
- достаточность инженерно-технических мероприятий по защите населения и устойчивости функционирования объектов в чрезвычайных ситуациях;
- наличие проектных решений по обеспечению условий жизнедеятельности маломобильных групп населения;
- оценка технического уровня намечаемого к строительству (реконструкции) предприятия (производства), его материало- и энергоемкости;
- обоснованность применяемой технологии производства на основе сравнения возможных вариантов технологических процессов и схем, выбор основного технологического оборудования;
- достаточность и эффективность технических решений по энергосбережению;
- оптимальность принятых решений по инженерному обеспечению, возможность и целесообразность использования автономных систем и вторичных энергоресурсов;
- оптимальность решений по генеральному плану, их взаимосвязка с утвержденной градостроительной документацией, рациональность решений по плотности застройки территории и протяженности инженерных коммуникаций;
- обоснованность принятых объемно-планировочных решений и габаритов зданий и сооружений, исходя из необходимости их рационального использования для размещения производств и создания благоприятных санитарно-гигиенических и других безопасных условий работающим;

- оценка проектных решений по организации строительства;
- достоверность определения стоимости строительства;
- оценка эффективности инвестиций в строительство объекта и условий его реализации.

С учетом качества проекта строительства в целом и внесенных в процессе экспертизы изменений и дополнений проект рекомендуется к утверждению, отклоняется или возвращается на доработку.

6.3.4. Протокол утверждения

Лист 7 «Блок-схемы» поясняет алгоритм рассмотрения замечаний и предложений по протоколу утверждения рабочего проекта, их анализа, корректировки проектных документов.

Комментарий к блок-схеме «Разработка рабочей документации» (схема 6.Сх1)

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
7/01	ГИП получает официально оформленные документы по утверждению проектных решений. В общем случае протокол утверждения имеет раздел «Замечания и предложения»
7/02 7/03	ГИП анализирует протокол утверждения, в случае необходимости осуществляет уточнения с заказчиком или утверждающими органами
7/04 7/05	Подразделения — исполнители частей проекта получают от ГИПа протокол утверждения (или иные документы рассмотрения проекта) ПРУт, анализируют их, готовят предложения и замечания по реализации протокола. По непонятным и спорным предложениям ПРУт проводят согласования и уточнения с ГИПом и заказчиком
7/06	Координатор совещания РД1(ГИП) организует и проводит совещание разработчиков АСУТП с участием представителей заказчика Цель совещания: 1. Анализ «Замечаний и предложений» протокола утверждения решения проекта. 2. Анализ хода реализации «Замечаний и предложений» разработчиками АСУТП. 3. Рассмотрение решений по реализации «Замечаний и предложений» в рабочей документации или в изменяемой ранее выполненной документации проекта. 4. Принятие решений по п. 3. 5. Согласование сроков выполнения откорректированных документов утверждаемой части рабочего проекта. 6. Определение способов согласования проектных документов с представителями заказчика
7/07	По результатам проведенного совещания РД1 ГИП составляет и оформляет протокол совещания ПРД1, согласовывает его с техническим директором
7/08 7/09 7/10 7/11	При необходимости исполнители ОР вносят изменения и дополнения (корректируют или выполняют вновь) схему организационной структуры С0 и схему функциональной структуры С2. Схему С0 следует согласовать (с подписью должностного лица заказчика) с заказчиком

Окончание комментария

№ строки	Процедуры по разработке утверждаемой части рабочего проекта
7/09 7/10 7/11 7/12 7/13 7/15	При необходимости исполнители ТО корректируют схему структуры КТС (С1), схему расположения КТС (С8) и схему автоматизации (С3). Схемы согласуются с представителями заказчика
7/14 7/15	Исполнители ТО проводят корректировку ведомостей сигналов и данных В1.2 и ведомости оборудования ВОМ
7/16	Откорректированные документы С0, С2, С1, С3, С8, В1.2, ВОМ служат для пересмотра ведомости затрат Б2 и для разработки рабочей документации

Откорректированная ведомость оборудования и материалов (ВОМ) в совокупности с другими документами утверждаемой (утвержденной) части рабочего проекта (или утвержденного проекта при двухстадийном проектировании) является основным документом для организации конкурсного отбора поставщиков технических и программных средств АСУТП.

О конкурсных торгах (тендере) по выбору поставщиков подробнее изложено в главах 19 и 20 «методического пособия».

6.4. БЛОК-СХЕМА И КОММЕНТАРИЙ «РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ РП»

Блок-схема «Разработка рабочей документации» или равноценная ей блок-схема «Разработка рабочих чертежей при двухстадийном проектировании» представлена на листах с 8 по 12. Условные обозначения на этих листах аналогичны обозначениям на листах с 1 по 7 «Разработка утверждаемой части РП».

Листы с 8 по 12 содержат алгоритм разработки документов, предусмотренных ГОСТ 34.201–89 и ГОСТ 21.408–93 для стадий «рабочий проект» и «рабочие чертежи».

При этом листы 8 и 9 определяют документы основного комплекта рабочих чертежей. На листе 8 формализованы процедуры разработки заданий на проектирование в смежных частях проекта (строки с 8/06 по 8/11, с 8/13 по 8/16). Виды заданий для конкретного проекта могут быть различные. В общем случае задания (окончательные) определяются «перечнем», приведенным в таблице 6.Т4.

Лист 10 определяет порядок организации разработки сметы на приобретение оборудования, изделий и материалов и на их монтаж.

Лист 11 определяет порядок составления общих данных к рабочей документации (рабочим чертежам).

На листе 12 приведена блок-схема выпуска рабочего проекта.

Комплектация проектных документов этой стадии приведена в таблице 6.Т1 и прокомментирована в разделе 6.1.

До комментария «разработки рабочей документации РП» особо обращаем внимание на следующие обстоятельства.

Рабочую документацию (рабочие чертежи) следует выполнять:

- если произведен выбор конкретных средств автоматизации, вычислительной техники и информационной технологии в соответствии с утверждаемой в установленном порядке документацией предыдущей стадии проектирования;
- если имеется официально оформленная гарантия либо на приобретение указанных конкретных средств, либо на наличие их у заказчика;
- если имеется техническая документация на указанные средства, необходимая для использования при рабочем проектировании

В отдельных случаях отступление от изложенных обстоятельств при условии выполнения рабочего проектирования возможно и должно быть документально согласовано с заказчиком. В противном случае возможна или чаще всего необходима доработка или корректировка выпущенной рабочей документации (рабочих чертежей). На доработку/корректировку документации потребуются затраты трудовых и финансовых ресурсов, которые следует заранее согласовать с заказчиком.

Кроме того, вследствие возможного изменения примененного средства/средств автоматизации и вычислительной техники потребуются затраты на производство дополнительных монтажных и пусконаладочных работ, если по ранее выполненной проектной документации были выполнены монтажные и пусконаладочные работы.

Комментарий к блок-схеме «Разработка рабочей документации» (схема 6.Сх1)

№ строки	Процедуры по разработке рабочей документации РП
8/01	Откорректированные документы: С1, С3, С8, В1.2 и предварительная спецификация оборудования В4.1 которая составлена по результатам конкурсного отбора (тендера) на основные средства автоматизации и вычислительной техники, определяют технические решения конкретных схем и компоновок оборудования
8/02	Специалисты ТО дополнительно анализируют спецификацию В 4.1. Устраняют неизвестности и неточности по оборудованию, которое предложено для применения в рабочей документации
8/03	Схемы С1, С3 и С8, спецификация В4.1 лежат в основе компоновки программируемых контроллеров выбранной серии. Схема автоматизации С3 и спецификация оборудования В4.1 — основа задания на разработку монтажных чертежей установки средств автоматизации в случае отсутствия у исполнителя в базе документов необходимых установочных чертежей. Задание реализуется конструкторским подразделением аналогично формализованному алгоритму разработки сметы (строки 10/1 + 10/8)
8/04	Ранее разработанная схема расположения помещений и оборудования АСУТП С8 и спецификация оборудования В4.1 позволяют специалистам ТО начать разработку документа рабочей документации — план расположения оборудования и проводок С7.1
8/05	Откорректированные документы утверждаемой части рабочего проекта: <ul style="list-style-type: none"> – схема структуры КТС (С1); – схема автоматизации (С3); – чертеж расположения помещений и оборудования АСУТП (С8); – спецификация оборудования и материалов (В4.1); – ведомость сигналов (В1); – ведомость двинных (В2);

Продолжение комментария

№ к. ш. табл.	Процедуры по разработке рабочей документации РП
	а также чертеж (схема) компоновки контроллера (СБ.К), разработанный специалистами ТО, передается через ГИПа специалистам по алгоритмическому и программному обеспечению АСУТП (задание ЗДПО)
8/05 8/06	Специалисты ТО подбирают типовые, повторного применения и/или разрабатывают вновь принципиальные электрические, пневматические, гидравлические или смешанные схемы для цепей контроля, измерения, сигнализации, защиты, блокировок, управления, питания (СБ.1). Схемы проверяются в подразделении ТО
8/07 8/08	На основании разработанных или примененных принципиальных схем (СБ.1) и плана расположения оборудования и проводов (С7.1) специалисты ТО составляют схему соединений внешних проводов (С4.1)
8/06 8/07 8/08	Специалисты ТО проводят уточнение и корректировку задания на опорные конструкции, проходы, проемы, передают ГИПу на утверждение и отправку заказчику для организации проектных работ по заданию
8/09 8/10 8/11	Специалисты ТО корректируют, уточняют и дополняют ранее выданные задания на эргоносители, на основании разрабатываемых на данной стадии проектирования документов составляют и передают ГИПу задание на сети передачи данных ЗД СС2 и задание на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах ЗДТХ. Перечисленные задания условно обозначены знаком ЗД*
8/10 8/11	Выбранные средства автоматизации (вторичные приборы, средства управления и световой сигнализации, другие СА), средства вычислительной техники и информационной технологии, разработанные схемы соединений внешних проводов, принципиальные схемы, схемы автоматизации и структуры КТС — основа разработки специалистами ТО общего вида щита/пульты (ВО.1)
8/12 8/13	Специалисты ТО, разрабатывающие общий вид щита/пульты, составляют предварительную спецификацию на щиты и пульты (ВЧЩ1) и при необходимости задание на установку средств автоматизации ЗДА
8/13 8/14 8/15	Специалисты ТО корректируют, дополняют и уточняют ранее выданное задание на помещения АСУТП и электроснабжение (ЗДАС, ЗДЭС)
8/16	ГИП рассматривает все задания на смежные части проекта и передает их в установленном в организации-исполнителе порядке заказчику для их проектной реализации специалистами смежных частей проекта. Перечень заданий, которые в общем случае передается заказчику, соответствует таблице 6.Т4
9/01	В строке отмечены документы, которые используются в дальнейшем рабочем проектировании
9/02 9/01	На основании эскизного чертежа общего вида щита (компоновка клеммника), монтажного чертежа установки средств автоматизации (явно разработанного по заданию ЗД СА), плана расположения оборудования и проводов, схемы соединений внешних проводов — специалисты ТО разрабатывают таблицу/схему подключения внешних проводов к щиту, клеммной коробке или другому полемому оборудованию

Продолжение комментария

№ строки	Процедуры по разработке рабочей документации РП
9/03 9/04 9/16	Специалисты ТО дорабатывают чертеж общего вида щита, в том числе с учетом монтажного чертежа установки средств автоматизации СА (строка 8/03) для комплектования по таблице 6.Т1
9/04 9/05 9/16	Доработка и оформление схемы принципиальной с целью использования ее при рабочем проектировании других схем и чертежей, передача ГИПу для включения в комплекты по таблице 6.Т1
9/05 9/06 9/16	Доработка схемы подключения внешних проводов С5 и разработка кабельного журнала С6 с передачей их в комплекты по таблице 6.Т1
9/06 9/07 9/16	Общий вид щита ВО и ведомость ВЧЩ1 служат специалистам ТО основой для разработки спецификации щитов и пультов, которая после оформления передается ГИПу для включения в комплект документации
9/07 9/08 9/16	Схема подключений внешних проводов С5 и принципиальная схема С6 являются основными документами для доработки схемы соединенной С4 специалистами ТО и передачи ее ГИПу для включения в комплекты по 6.Т1. На схеме С4 указывают монтажные чертежи установок СА
9/08 9/09 9/16	Специалисты ТО разрабатывают и согласовывают с заказчиком план расположения оборудования и проводов. Согласование необходимо для того, чтобы скоординировать места установок первичных измерителей на технологическом оборудовании и трубопроводах, места прокладки кабельных и трубных проводов, кабельных конструкций с учетом допустимых расстояний от оборудования и трубопроводов различного назначения, с учетом прокладки трасс электроснабжения и т. п. Документ С7 заменяет ранее выполненный на предыдущих стадиях документ С8
9/10 9/11 9/12 9/13 9/14 9/15	Специалисты ТО и ПО на основании выполненных документов и проведенного выбора технических и программных средств составляют и оформляют спецификацию оборудования и материалов В4 и ведомость потребности в материалах В5, которые служат основой задания на разработку сметы ЗДСМ, последнее после проверки в подразделении передается ГИПу для организации составления сметы. Это же задание может использоваться при составлении задания на выполнение проекта организации строительства ПОС
9/16	Документы рабочего проекта (рабочие чертежи) оформлены в подразделении — исполнителе ТО, имеют необходимые согласования внутри организации-исполнителя и с заказчиком. ГИП может организовать выпуск рабочего проекта (лист 12)
10/01 10/02	Гип проверяет полноту «Задания на составление сметы» ЗДСМ и передает его в сметное подразделение для исполнения
10/03 10/04	Сметчики проверяют «Задание», в случае необходимости получают дополнительные сведения и материалы от ГИПа и специалистов ТО
10/05 10/06	Сметное подразделение разрабатывает смету, в процессе разработки проводят необходимые уточнения и согласования с разработчиками ТО, оформляют смету и передают ее в подразделение ТО для проверки включенных объемов оборудования, материалов и т. п.

Продолжение комментария

№ строки	Процедуры по разработке рабочей документации РП
10/07 10/08	Подразделение – разработчик ТО проверяет, подписывает смету, составленную сметным подразделением
10/09 10/10	ГИП проверяет (в случае необходимости организует корректировку) полученную от ТО смету, подписывает ее и передает руководителям организации ТД и ФД
10/11 10/12	Руководители организации – исполнителя рабочего проекта АСУТП анализируют и подписывают (если таковое необходимо по регламенту, принятому в организации) смету, возвращают ее ГИПу
10/13	Оформленная смета возвращена ГИПу для включения ее в комплект по таблице 6.Т1
11/01	Схема автоматизации С3 и спецификация оборудования и материалов В4 имеют данные, которые необходимы для заполнения таблиц Ф1 , Ф2 , Ф3 (строки 11/02, 11/03, 11/04)
11/02 11/03	В подразделении ТО оформляются таблицы Ф1 «Исходные данные и результаты расчетов сужающих устройств по объекту управления»
11/03 11/04	В подразделении ТО оформляются таблица Ф2 «Исходные данные и результаты расчетов регулирующих органов по объекту управления»
11/04 11/05	В подразделении ТО оформляется таблица Ф3 «Перечень закладных конструкций, первичных приборов»
11/06 11/07 11/08 11/12	Технический директор осуществляет анализ результатов расчетов сужающих устройств и регулирующих органов, подписывает таблицы по формам Ф1 и Ф2 (если это предусмотрено регламентом, принятым в организации) и направляет их ГИПу для включения в качестве дополнения к общим данным комплекта рабочей документации
11/09 11/10 11/11 11/12	ГИП проверяет и подписывает таблицу Ф3 «Перечень закладных конструкций, первичных приборов». Данный перечень не должен противоречить материалам «Задания на размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах» ЗДТХ (строки 8/09 и 8/16 «Комментария»)
11/10 11/11 11/13	Специалисты ТО на основании всех документов, разработанных на стадии «Рабочий проект», составляют «Общие данные к рабочей документации» (ОД) с включением в них «Общих указаний», как это указано в разделе 6.4.
11/13 11/14 11/15	ГИП , получив материалы ДОД «Дополнительные данные» – таблицы Ф1 , Ф2 , Ф3 и ОД от ТО , объединяет их в единый документ «Общие данные к рабочей документации» ОД для включения их в «Основной комплект АТХ » по таблице 6.Т1.
12/01 12/02 12/03 12/04 12/05 12/06	ГИП проверяет наличие всех проектных документов, которые входят в комплекты документации (рабочие документы, общие данные, смета), тем самым, комплектуя рабочий проект (РП) (строка 12/05). ГИП подписывает документы рабочего проекта.
12/07 12/08	Нормоконтролер осуществляет нормализационный контроль в соответствии с ГОСТ 21.002–81 «Нормоконтроль проектно-сметной документации» всех материалов рабочего проекта, заверяет их своей подписью и передает на утверждение

Окончание комментария

№ строки	Процедуры по разработке рабочей документации РП
	техническому директору по п. 3.2 ГОСТ 21.002-81. Исправление в документации рабочего проекта ошибок, вызванных нарушением требований НТД и указанных нормоконтролером, обязательно и осуществляется специалистами-разработчиками конкретного документа.
12/09 12/10	Технический директор проводит контроль материалов рабочего проекта, осуществляет подпись отдельных документов по системе, принятой в организационно-исполнителе.
12/11 2/12	Финансовый директор (указано условно) утверждает титульный лист рабочего проекта и направляет комплекты рабочего проекта в архив на регистрацию
12/13 12/14	Архивариус регистрирует документы рабочего проекта в соответствии с ГОСТ 21 203-78 «Правил учета и хранения подлинников проектной документации».
12/15	На основании служебной записки/накладной на отправку документации, подписанной ГИПом (или руководителем организации) архивариус передает на размножение документы рабочего проекта. Оригиналы документов РП после размножения возвращаются в архив на ответственное хранение. Размноженные материалы в необходимом числе экземпляров комплектуются в томы и книги в соответствии с ведомостью материалов рабочего проекта.
12/16	Скомплектованные экземпляры рабочего проекта по накладной совместно с актом сдачи/приемки продукции направляются заказчику. Копии накладной с отметкой об отправке и акта передаются ГИПу для контроля за приемкой и оплатой «рабочего проекта» (этап РП).

6.5. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Руководители организации—разработчика АСУТП и ГИП (главный инженер проекта, руководитель проекта или менеджер проекта) при организации проектирования АСУТП (создания АСУТП) основное внимание уделяют срокам выполнения работ по этапам проектирования, которые определены «Графиком выполнения работ» (неотъемлемой частью контракта).

Выполнение этапа проектных работ, как правило, сопровождается оплатой объемов работ по этапу, предусмотренной контрактом.

Разработка документов, которые не входят в комплект проектной документации по платежному этапу, как правило, недостаточно контролируется ГИПом и руководством.

И все же подготовка и выдача в необходимое время «Записки по смежным частям проекта» должны быть взяты на особый контроль.

От своевременности и полноты «Заданий» зависит качественное выполнение или даже вообще невыполнение проектных работ, направленных на обеспечение нормального функционирования создаваемой системы. Реализация требований «Заданий» не должна переноситься со стадии выполнения проектных работ на стадию внедрения, так как это ухудшает качество работ смежников, требует дополнительных

материальных и трудовых затрат на перепроектирование отдельных узлов, элементов, иногда на доработку смонтированного оборудования и трубопроводов и т. п.

Сроки передачи «Заданий» по различным видам обеспечения следует согласовать с заказчиком и смежниками, что ранее отмечено в главе 1, таблица 1.Т2, строка АТХ.

2. ГИП должен взять под контроль проведение в необходимые сроки согласования разрабатываемых документов с заказчиком или по его указанию со смежниками.

Перечислим документы, которые следует согласовать с заказчиком для того, чтобы в дальнейшем избежать или уменьшить перепроектирование; переработку документов:

- С0 – схема организационной структуры;
- С1 – схема структуры КТС;
- С3 – схема автоматизации;
- С7 – чертежи расположения оборудования и проводок;
- С8 – чертежи расположения оборудования и проводок.

3. Необходимо до начала выполнения работ на каждой стадии проектирования собрать исходные материалы для проектирования, организовать в подразделениях исполнителя тщательный анализ материалов и требований к проекту со стороны заказчика, что подробно изложено в главе 5.

4. Рабочую документацию (рабочие чертежи) следует выполнять с использованием в документации средств автоматизации (СА), вычислительной (ВТ) и информационной техники (ИТ), программного продукта, которые сертифицированы в Российской Федерации, в том числе при необходимости в Ростехнадзоре РФ для опасных производственных объектов.

5. Рабочую документацию следует разрабатывать при выполнении условий, изложенных в разделе 6.4, по применению в проектах средств СА, ВТ, ИТ, программного обеспечения, которое будет приобретено и поставлено заказчиком на строящийся объект для проведения строительного-монтажных и пусконаладочных работ.

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

ГОСТ 19.101–77*ЕСПД. Виды программ и программных документов.

ГОСТ 19.201–78 ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.202–78 ЕСПД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.301–79 ЕСПД. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.401–78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.402–78 ЕСПД. Описание программы. Требования к описанию и оформлению.

ГОСТ 19.403–79 ЕСПД. Ведомость держателей подлинников.

ГОСТ 19.404–79 ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению.

- ГОСТ 19.501—78 ЕСПД. Формуляр. Требования к содержанию и оформлению
- ГОСТ 19.502—78* ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
- ГОСТ 19.503—79 ЕСПД. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению
- ГОСТ 19.504—79 ЕСПД. Руководство программиста. Требования к содержанию и оформлению.
- ГОСТ 19.505—79 ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению.
- ГОСТ 19.507—79 ЕСПД. Ведомость эксплуатационных документов.
- ГОСТ 21.002—81 СПДС. Нормоконтроль проектно-сметной документации.
- ГОСТ 21.101—97 СПДС. Основные требования к проектной рабочей документации.
- ГОСТ 21.203—78 СПДС. Правила обращения проектной документации. Правила учета и хранения подлинников проектной документации.
- ГОСТ 21.408—93 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.
- ГОСТ 34.201—89 ИТ. КСАС. Виды комплектности и обозначения документов при создании автоматизированных систем.
- ГОСТ 34.601—90 ИТ КСАС. Автоматизированные системы. Стадии создания.
- РД 50—34.698—90 ИТ. КСАС. Методические указания. Автоматизированные системы, требования к содержанию документов.

6.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
ГИП	6.3
Заказчик	6.3
Общие данные по рабочим чертежам	6.1
Общие указания	6.1
Прилагаемые документы	6.1
Секретариат	6.3
Ссылочные документы	6.1

Таблица 6.Т1

Комплектование документации по стадиям проектирования

Наименование документа	Код документа	Проект, утверждаемая часть РП	Рабочая документация с рабочими чертежами			
			Основной комплект р.ч. (р.д.)	Прилагаемые документы	Эскизные чертежи и подготовка шитов	Ссылочные документы
Схема организационной структуры	С0	+	–	(+)	–	–
Схема функциональной структуры	С2	+	–	(+)	–	–
Схема структуры КТС	С1	+	+	–	–	–
Схема автоматизации	С3	+	+	–	–	–
Схема принципиальная	СБ	–	+	–	+	–
Схема соединений (монтажная)	С4	–	+	–	+	–
Схема подключений	С5	–	+	–	+	–
Таблица подключений (кабельный журнал)	С6	–	+	–	+	–
Чертежи расположения оборудования и проводов	С7 С8	С8	С7	–	–	–
Чертежи установки средства автоматизации		–	январь разработанная	–	–	типовые чертежи
Эскизный чертеж шита (общий вид шита)	В0	–	–	+	+	–
Спецификация оборудования и материалов	В4 (СП1)	–	–	+	–	–
Спецификация шитов и пультов	В4Ш (СП2)	–	–	+	+	–
Ведомость потребности в материалах	В5Ш	–	–	–	+	–
Общие данные к рабочим чертежам	ОД	–	+	–	–	–
Локальная смета	СМ	–	–	+	–	–
Ведомость сигналов	В1	+	–	–	–	–
Ведомость данных	В2	+	–	–	–	–
Ведомость оборудования и материалов	ВОМ	+	–	–	–	–
Сметно-финансовый расчет	Б2	+	–	–	–	–
Пояснительная записка утверждаемой части	ПЗУЧ	+	–	–	–	–

Примечания:

1. Код документа установлен по ГОСТ 34.201–89; коды документов СМ, В5Ш, ОД, ВОМ и ПЗУЧ применены в данном «Методическом пособии».

2. (+) означает возможность включения документа после корректировки по замечаниям к утверждаемой части РП или проекту.

Таблица 6.Т2

Состав документов утверждаемой части рабочего проекта АСУТП

Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к проектно-сметной документации	Примечание	Требования изложены в вв. РД 50-34.698-90
1. Ведомость утверждаемой части проекта	ТП	ОР/ТО	(см. прим. 1)		2.1
2. Пояснительная записка	П2	ОР/ТО	(см. прим. 1)		2.2
3. Схема организационной структуры	С0	ОО	—	Допускается включать в документ ПВ	2.15
4. Описание организационной структуры	ПВ	ОО	—		3.1
5. Схема функциональной структуры	С2	ОР	—		2.3
6. Описание автоматизированных функций	П3	ОР	—		2.5
7. Описание постановки задачи	П4	ОР	—	Допускается включать в документ П2 или П3	2.6
8. Описание алгоритма	ПБ	МО	—	Допускается включать в документ П3	7.1
9. Проектная оценка надежности системы	Б1	ОР	—		2.10
10. Описание информационного обеспечения	П5	ИО	—		5.3
11. Описание организации информационной базы	Б6	ИО	—		5.5
12. Описание системы классификации и кодирования	П7	ИО	—		5.7
13. Перечень входных сигналов и данных	В1	ИО	—		5.1
14. Перечень входных сигналов /документов/	В2	ИО	—		5.2
15. Описание массива информации	П8	ИО	—		5.7
16. Описание системы классификации и кодирования	П7	ИО	—		5.6

Окончание табл. 6.Т2

Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к проектно-сметной документации	Примечание	Требования изложены в пп. РД 50-34.698-90
17. Чертеж формы документа /видеокадра/	С9	ИО	—	Допускается включать в документы П4 или П5	5.8
18. Описание программного обеспечения	ПА	ПО	—		6.1
19. Схема автоматизации	С3	ТО	—		(4.1)
20. Схема структурная комплекса технических средств	С1	ТО	Х		(4.9)
21. План расположения	С8	ТО	Х		(4.3)
22. Ведомость оборудования и материалов	ВОМ	ТО	Х		(4.20)
23. Локальный сметный расчет	Б2	ОР/ТО	Х		(2.7)
24. Задания на проектирование технологических, строительных, электротехнических, сантехнических и других объектов, связанных с созданием АСУТП	ЗД	ТО	Х	В состав проекта не входит	(4.6)
25. Перечень заданий на проектирование технологических, строительных, сантехнических и других объектов, связанных с созданием АСУТП	ВЗ	ТО	Х	Допускается включать в документ П2	(4.8)

Примечания

1. При выполнении самостоятельного проекта АСУТП (автоматизации, диспетчеризации) документы п.1, 2, 26 относятся к проектно-сметной документации.

2. Условные обозначения частей проекта системы:

ОР – общесистемные решения;

ОО – организационное обеспечение;

ИО – информационное обеспечение;

МО – математическое обеспечение;

ПО – программное обеспечение;

ТО – техническое обеспечение.

3. Знак Х – означает принадлежность к проектно-сметной документации.

4. Код (обозначение) документов, отмеченных знаком Х, может быть установлен по требованиям стандартов С.П.Д.С.

Состав программной документации АСУТП

Наименование документа	Код и принадлежность документа	Стадия разработки				Требования по ГОСТ	Краткое содержание
		Технический проект	Рабочая документация на:				
			систему	подсистему	задачу		
1. Техническое задание на программирование	01	-	0	0	0	19.201-78	Назначение и область применения программы, технические, технико-экономические и специальные требования, предъявляемые к программе, необходимые стадии и сроки разработки, виды испытаний
2. Описание ПО	02 (ПА)	+	-	-	-	19.402-78	
3. Пояснительная записка	03	0	0	0	-	19.404-79	Схема алгоритма, общее описание алгоритма и (или) функционирования программы, а также обоснование принятых технических и технико-экономических решений
4. Спецификация	00	-	+	+	0	19.202-78	Состав программы и документации на нее
5. Ведомость держателей подлинников	05	-	0	0	0	19.403-79	Перечень предприятий, на которых хранят подлинники программных документов
6. Текст программы	12	-	+	+	0	19.401-78	Запись программы с необходимыми комментариями
7. Описание программы	13	-	0	0	0	19.402-78	Сведения о логической структуре и функционировании программы
8. Программа и методика испытания	51	-	0	0	0	19.301-79	
9. Прочие документы: описание контрольного примера и др.	90	-	0	0	0	-	

10. Ведомость эксплуатационных документов	20, эд	—	О	О	О	19.507—79	Перечень эксплуатационных документов на программу. Сведения для обеспечения функционирования и эксплуатации программы
11. Формуляр	30, эд	—	О	О	О	19.501—78	Основные характеристики программы, комплектность и сведения об эксплуатации программы
12. Описание применения	31, эд	—	О	+	+	19.502—78	Сведения о назначении программы, области применения, применяемых методах, классе решаемых задач, ограничениях для применения, минимальной конфигурации технических средств
13. Руководство системного программиста	32, эд	—	О	О	О	19.503—79	Сведения для проверки, обеспечения функционирования и настройки программы на условия конкретного применения
14. Руководство программиста	33, эд	—	О	О	+	19.504—79	Сведения для эксплуатации программы
15. Руководство оператора	34, эд	—	+	+	+	19.505—79	Сведения для обеспечения процедуры общения оператора с вычислительной системой в процессе выполнения программы

Примечание. Условные обозначения:

- «эд» — эксплуатационный документ;
- «+» — документ обязательный;
- «-» — документ не разрабатывается.

«О» — необходимость составления документа определяется на этапе разработки и утверждения технического проекта, задания.

Таблица 6.Т4

Перечень заданий на проектирование в смежных частях проекта АСУТП

Наименование		Задание и раздел	
Задание	Раздел задания	Предварительный	Окончательный
Проектирование помещения для размещения комплекса средств «системы»	Помещения	АС.АСП	АС.АС
	Опорные конструкции, проходы, закладные части	(АС.КЖП) без закладных	АС.КЖ
	Отопление и вентиляция	АС.ОВП	АС.ОВ
	Водопровод и канализация	АС.ВКП	АС.ВК
	Освещение	АС.ЭОП	АС.ЭО
	Пожарная сигнализация и пожаротушение	АС.ПСП	АС.ПС
Обеспечение «системы» электроэнергией	Электротехническая часть	ЭСП	ЭС
То же сжатым воздухом	Потребители сжатого воздуха	ВСП	ВС
То же гидравлической энергией	Потребители гидрэнергии	ТЧСП	ТЧС
То же теплоносителем и хладагентом	Потребители тепла и холода	ХСП	ХС
Проектирование кабельных сооружений, проходов и закладных устройств	Спорные конструкции, проходы вне помещения	КЖП	КЖ
	Площадки обслуживания, эстакады, проходы	—	КЖ1
Обеспечение «системы» средствами связи и сетями передачи данных	Средства связи и сигнализации	СС1П	СС1
	Сети передачи данных	СС2П	СС2
Размещение элементов автоматики на технологическом оборудовании и трубопроводах	Закладные конструкции и первичные приборы	—	ТХ

Пример обозначения задания — ПП 1805-АТХ ЗД ЭСП,
где ПП 1805 — принятый в организации, составившей задание, шифр проекта;

АТХ — часть (марка) проекта АСУТП;

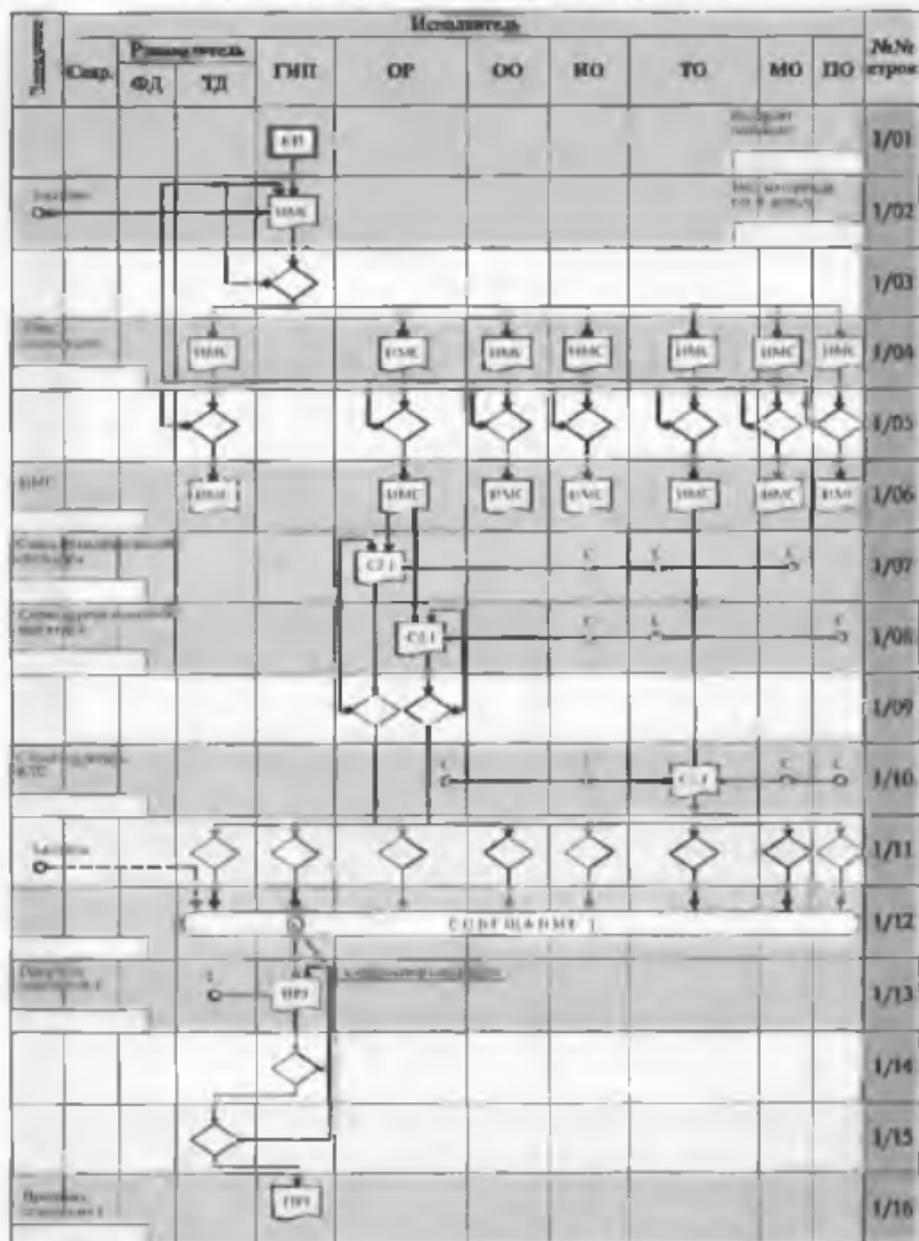
ЗД — вид документа (задание);

ЭС — обеспечение АСУТП электроэнергией;

П — предварительное.

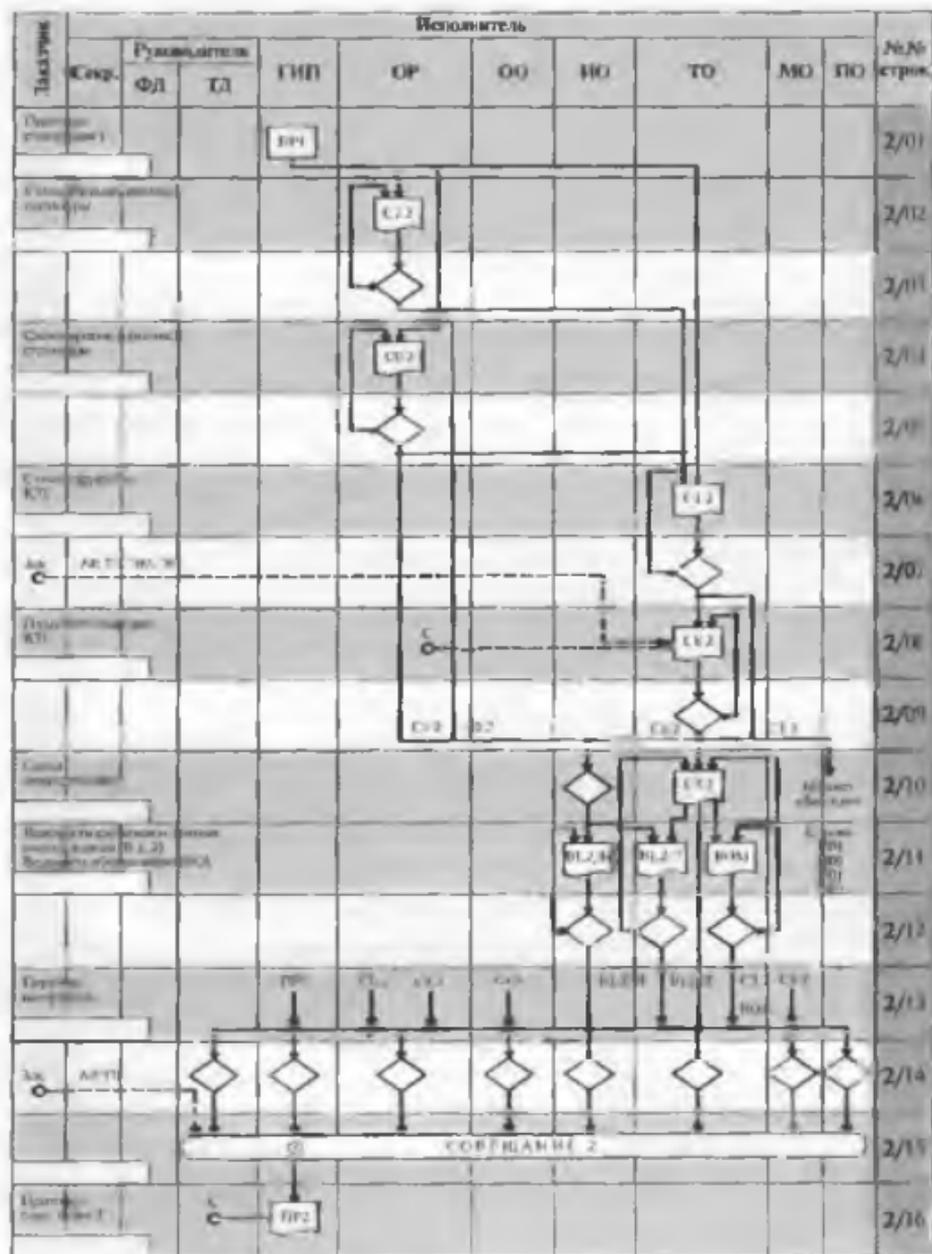
Схема б.сх1 (лист 1)

Разработка утверждаемой части рабочего проекта РП



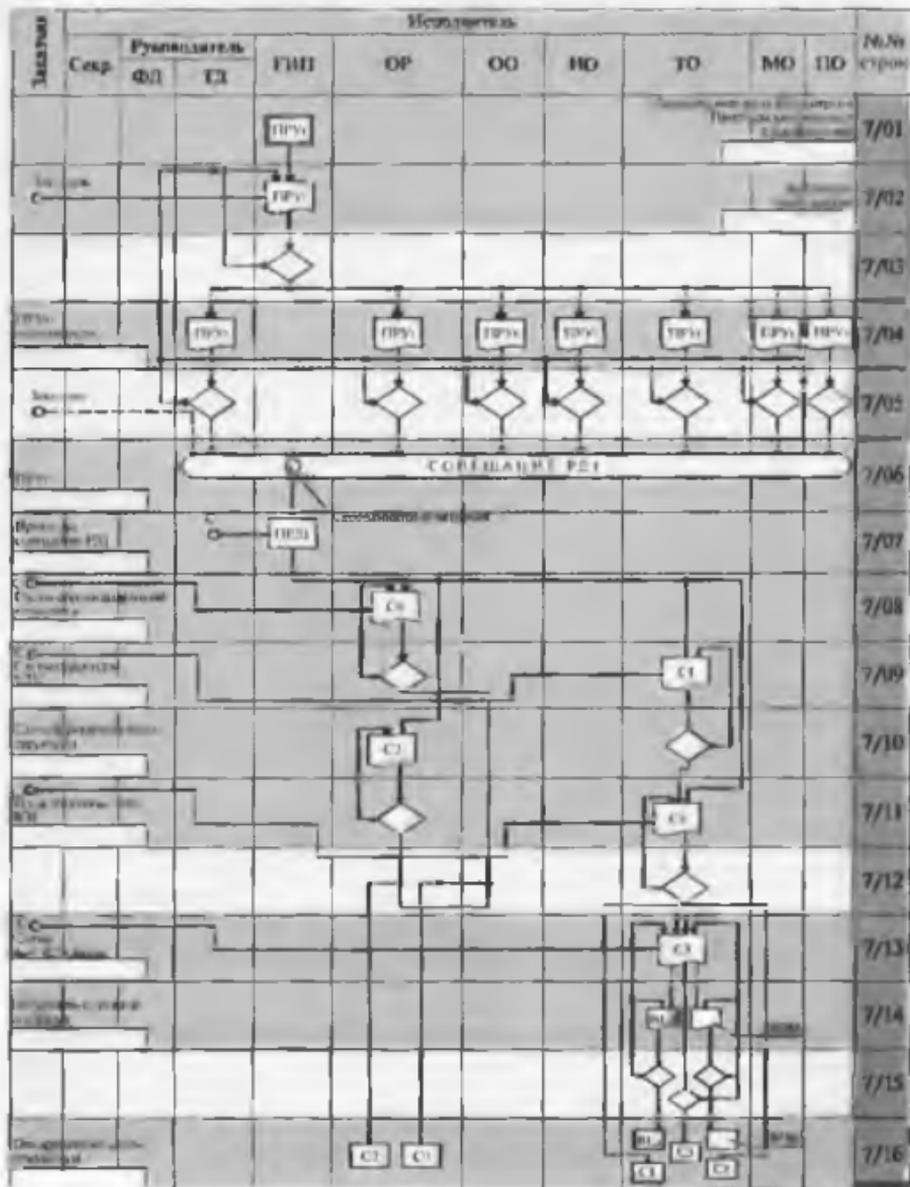
Продолжение схемы 6.Сх1 (лист 2)

Разработка утверждаемой части рабочего проекта РП



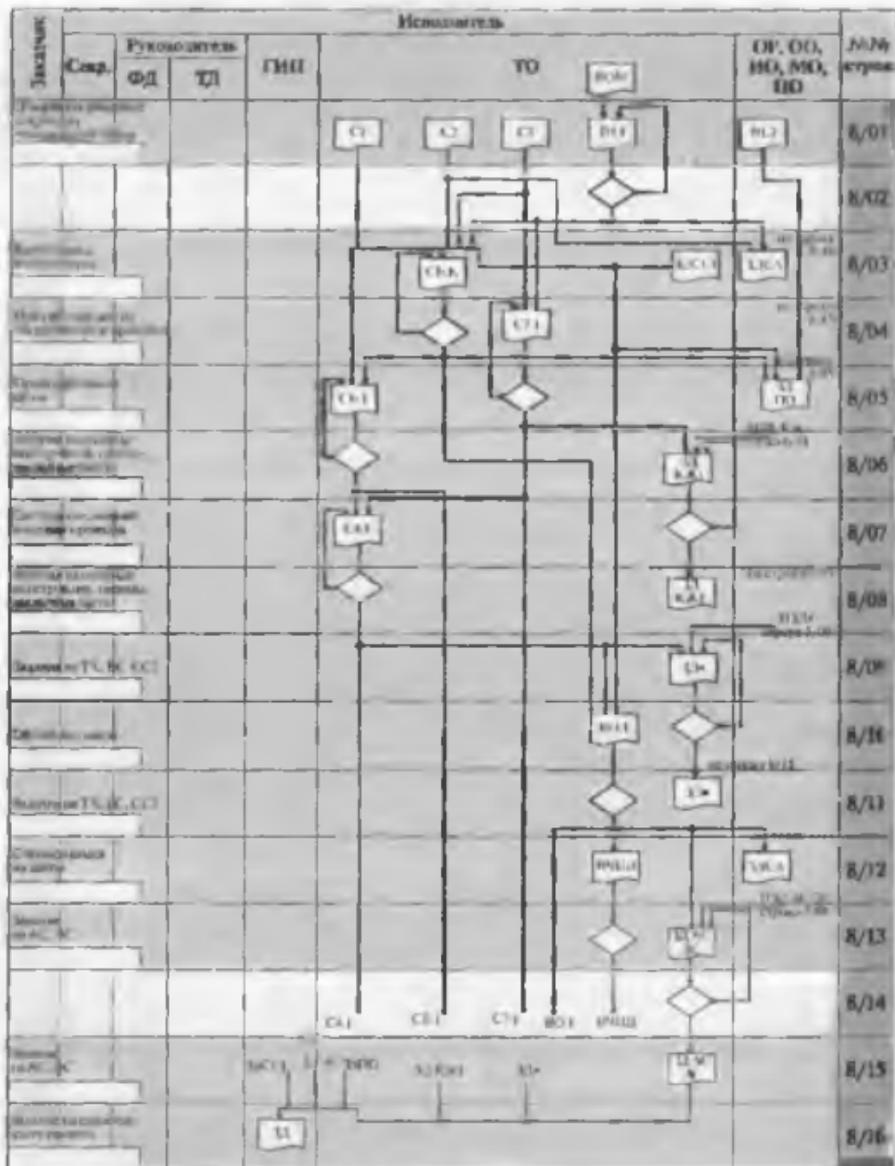
Продолжение схемы 6.Сх1 (лист 7)

Разработка рабочей документации. Корректировка документов
утверждаемой части по замечаниям Заказчика (при необходимости)



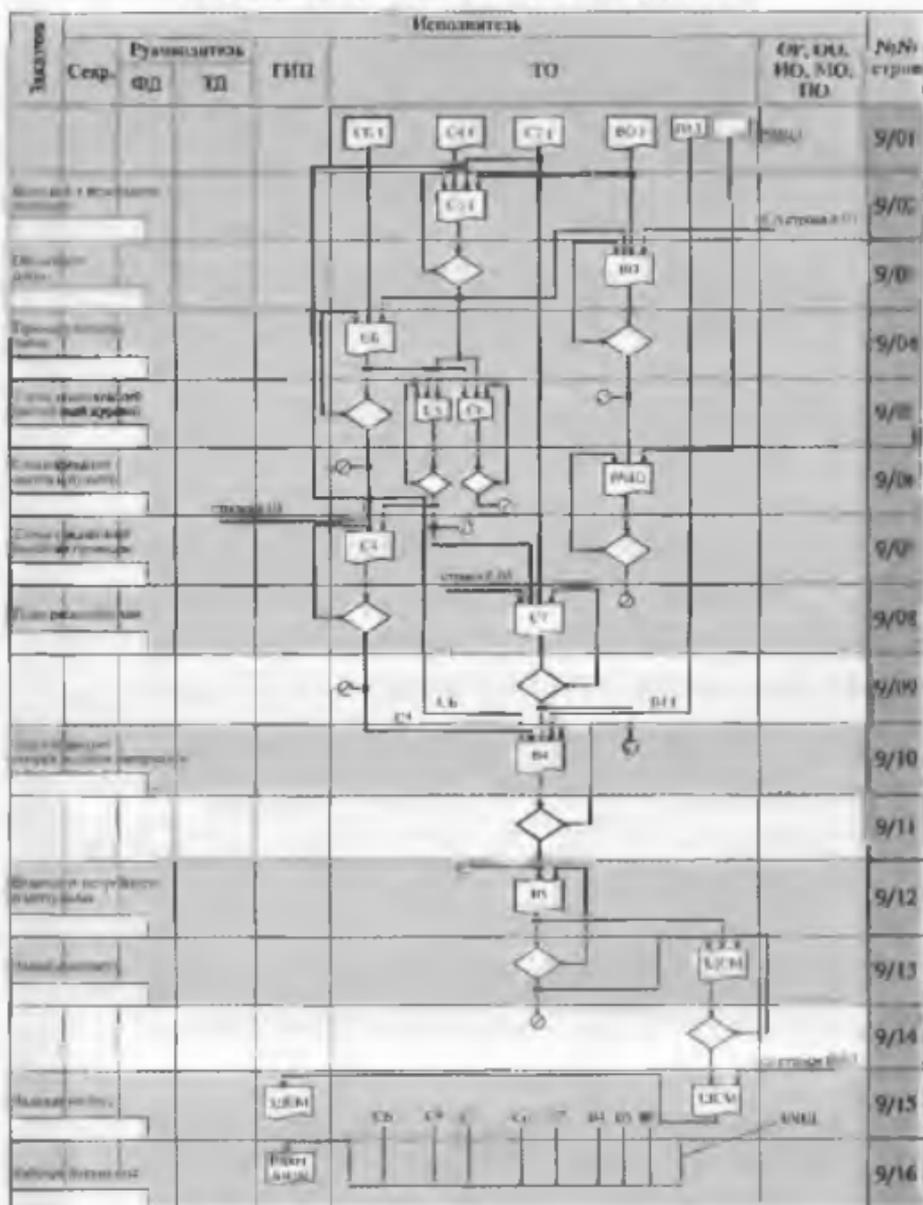
Продолжение схемы 6.Сх1 (лист 8)

Разработка рабочей документации



Продолжение схемы 6.Сх1 (лист 9)

Разработка утверждаемой части рабочего проекта РП



Продолжение схемы 6.Сх1 (лист 12)

Разработка основных проектных материалов РП
Выпуск рабочего проекта

Задача	Руководитель			Исполнитель		№№ страниц
	Секр.	Ф.Д.	И.Д.	ТИП	ТО	
Разработка				РП	система ТД, ВД	12/1
				РД	система ЦУ	12/2
				СМ	система МУ	12/3
				♦		12/4
Разработка				РП		12/5
				♦		12/6
				РП		12/7
				♦		12/8
				РП		12/9
				♦		12/10
				РП		12/11
				♦		12/12
				РП		12/13
				♦		12/14
				РП	П.С.	12/15
				РП	С.	12/16
				РП	С.	12/17
				РП	С.	12/18

Глава 7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА И УСЛОВИЯ ТРУДА ПЕРСОНАЛА

	Лист
7.1. Введение	7-1
7.2. Вещества и материалы	7-2
7.2.1. Агрегатное состояние веществ	7-2
7.2.2. Пожаровзрывобезопасность	7-2
7.2.3. Вредные вещества	7-2
7.2.4. Опасные и вредные факторы	7-4
7.2.5. Потенциальная опасность грузов	7-6
7.2.6. Паспорт безопасности	7-7
7.2.7. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны	7-8
7.3. Технологический объект	7-9
7.3.1. Технологический процесс	7-9
7.3.2. Технологическое оборудование и трубопроводы	7-12
7.3.3. Рабочее место	7-13
7.3.4. Помещение, сооружение и здание	7-13
7.3.5. Пожаровзрывобезопасность объекта	7-18
7.3.6. Основные требования к производственным помещениям и площадкам	7-20
7.4. Молниезащита	7-23
7.4.1. Краткие сведения о разрядах молнии	7-23
7.4.2. Грозовая деятельность	7-24
7.4.3. Опасные воздействия молнии	7-24
7.4.4. Классификация защищаемых объектов	7-26
7.4.5. Средства и способы молниезащиты	7-28
7.4.6. Зона защиты молниевывода	7-29
7.4.7. Заземлитель молниезащиты	7-30
7.4.8. Новый взгляд на молниезащиту	7-30
7.5. Условия труда персонала	7-34
7.6. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	7-41
7.7. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	7-44
Перечень рисунков	
7.P1. Разделение на зоны защиты	7-46
Перечень таблиц	
7.T1. Классификация веществ и материалов по их пожаровзрывобезопасности	7-47
7.T2. Класс опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.007-76	7-48
7.T3. Классы и подклассы опасных и особо опасных веществ и материалов (ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93*)	7-49
7.T4. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-81(91))	7-53
7.T5. Категории работ по уровню энергозатрат и периоды года по ГОСТ 12.1.005-81(91))	7-54
7.T6. Пороговое количество вещества для технологических производств (ГОСТ Р 12.3.047-98)	7-56
7.T7. Показатели категорий взрывоопасности технологических блоков	7-57

7.Т8.	Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, наружных установок по пожарной опасности (НПБ 105-03).....	7-58
7.Т9.	Группы помещений (производства и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от их функционального назначения и пожарной нагрузки сгораемых материалов по НПБ 88-2001	7-59
7.Т10.	Зависимость плотности ударов молнии от продолжительности гроз	7-60
7.Т11.	Категория и зоны молниезащиты	7-61
7.Т11а.	Применение молниезащитных конструкций для зданий и сооружений, наружных установок по категориям молниезащиты	7-64
7.Т11б.	Классы объектов по опасности ударов молнии	7-65
7.Т11в.	Уровни защиты от прямого удара молнии	7-66
7.Т12.	Оборудование помещений согласно классификации производственных процессов по СНиП 2.09.04-87*	7-66
7.Т13.	Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности	7-68
7.Т14.	Классы условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (превышение ПДК, рвз).....	7-69
7.Т15.	Классы условий труда при работе с биологическим фактором	7-70
7.Т16.	Классы условий труда в зависимости от уровня шума и вибрации рабочих мест	7-71
7.Т17.	Классы условий труда при действии электромагнитных излучений (превышение ПДУ, раз)	7-72
7.Т18.	Классы условий труда при действии ионизирующих излучений (в частях от ПДД)*	7-73
7.Т19.	Классы условий труда по показателям микроклимата (ГОСТ 12.1.005 -88) и по показателю WBCT-индекса для производственных помещений и открытых территорий в теплый период года	7-74
7.Т20.	Классы условий труда по показателям микроклимата для производственных помещений в холодный период года	7-76
7.Т21.	Классы условий труда по показателям микроклимата для открытых территорий в холодный период года (зима) и в холодных помещениях*	7-77
7.Т22.	Классы условий труда в зависимости от параметров световой среды производственных помещений (для постоянных рабочих мест)	7-78
7.Т23.	Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса	7-79
7.Т24.	Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса	7-82
7.Т25.	Общая оценка напряженности трудового процесса (на основании учета числа показателей напряженности)	7-86
7.Т26.	Параметры токов молнии	7-87

Перечень схем

7.Сх1.	Классификация опасных и вредных производственных факторов	7-88
7.Сх2.	Уровни пожарной опасности технологического процесса по ГОСТ 12.3.047-98	7-90
7.Сх3.	Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений по СНиП 21-01-97	7-91
7.Сх4.	Опасное воздействие молнии по РД 34.21.122-87	7-96

7.1. ВВЕДЕНИЕ

В главе приводятся краткие пояснения с обязательными ссылками на нормативные документы, перечень которых приведен в разделе 7.6, некоторых аспектов создания АСУТП, связанных с мероприятиями, обеспечивающими безопасные и благоприятные условия труда персонала АСУТП и систем автоматизации (персонал АСУТП).

Условия труда (по ГОСТ 19605-74) — совокупность факторов производственной среды, оказывающей влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Персонал АСУТП связан с использованием технических средств автоматизации и систем управления, с его эксплуатацией и ремонтом.

Персонал АСУТП связан с технологическим объектом управления. Объект управления может быть:

- сосредоточенным в едином помещении или здании;
- рассредоточенным на территории предприятия в различных помещениях и зданиях;
- размещенным в сооружениях и установках на открытых наружных площадках.

Тем самым персонал АСУТП подвергается или может подвергаться в определенных условиях действию вредных и опасных факторов технологического объекта.

Опасные и вредные факторы могут быть вызваны:

— используемыми и производимыми веществами и материалами производственного процесса;

— применяемым на производстве технологическим (а также сантехническим, электротехническим и т. п.) оборудованием и технологическими трубопроводами:

— воздействием молнии в результате грозовой деятельности;

— состоянием строительных сооружений, зданий и помещений, в том числе по их пожаровзрывоопасности;

— наличием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

— другими причинами

Персонал АСУТП по функциональному роду деятельности:

— соприкасается с веществами, материалами, характеризующими технологический процесс, при эксплуатации и ремонте первичных устройств, датчиков и отборных устройств и исполнительных органов регулирования и управления;

— контактирует с металлоконструкциями кабельных и трубных проводок;

— контактирует с кабелями и трубами АСУТП;

— контактирует с частями технологического оборудования, трубопроводов и арматуры;

— находится в производственных помещениях;

— продолжительно или временно находится на открытых площадках производства;

— осуществляет трудовую деятельность круглогодично (теплый и холодный периоды года);

— осуществляет трудовую деятельность в одну или несколько рабочих смен;

— испытывает в той или иной мере физические нагрузки и перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом;

— испытывает сенсорные, интеллектуальные и эмоциональные нагрузки.

Задача создателей систем автоматизации и управления — минимизация опасностей и вредностей, которым может подвергаться персонал АСУТП в производственной деятельности в условиях функционирования АСУТП

7.2. ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ

7.2.1. Агрегатное состояние вещества

В технологических процессах могут обращаться простые вещества, химические соединения и их смеси в различных агрегатных состояниях и комбинациях

ГОСТ 12.1.044–89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», п. 1.3 определяет, что вещества и материалы имеют 4 вида агрегатного состояния: газы, жидкости, твердые тела, пыли:

- **газы** – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа;
- **жидкости** – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа; к жидкостям относятся плавящиеся твердые вещества, температура плавления или каплепадения которых менее 50 °С;
- **твердые вещества и материалы** – индивидуальные вещества и их смесевые композиции с температурой плавления или каплепадения более 50 °С, а также вещества, не имеющие температуру плавления (например, древесина, ткани и т. п.)
- **пыли** – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм.

7.2.2. Пожаровзрывобезопасность

Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов – это способность веществ и материалов к возникновению и распространению горения, следствием которого, в зависимости от скорости и протекания горения, могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего вещества или материала с окислителем).

В таблице 7.Т1 приведена классификация веществ и материалов по различным основным показателям пожаровзрывобезопасности, одним из важнейших показателей безопасности веществ и материалов для человека и его окружения.

Номер по порядку (2.1+2.20) в графе «Показатель» соответствует пунктам 2.1+2.20 ГОСТ 12.1.044–89, поясняющим каждый показатель пожаровзрывобезопасности веществ и материалов со ссылками на требования соответствующих ГОСТов.

Ряд показателей применим к строительным материалам зданий и сооружений, что отражено в схеме 7.Сх3 (горючесть, воспламеняемость, распространение пламени по поверхности, дымообразующая способность и токсичность).

7.2.3. Вредные вещества

Все вещества и материалы, независимо от агрегатного состояния, делятся на безвредные и вредные.

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сро-

ки жизни настоящего и последующих поколений (приложение к ГОСТ 12.1.007–76* «ССБТ. Вредные вещества»).

В ГОСТ 12.1.007–76* указаны:

- факторы риска для организма человека;
- меры предосторожности;
- классификация веществ по степени воздействия на организм человека

ГОСТом определены 4 класса опасности воздействия вредных веществ.

1 класс – вещества чрезвычайно опасные;

2 класс – вещества высокоопасные;

3 класс – вещества умеренноопасные;

4 класс – вещества мало-опасные.

Классы устанавливаются в зависимости от норм и показателей, приведенных в таблице 7.12, по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть:

- разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ;
- выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами должны предусматривать:

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными, сухих способов переработки пылящих материалов – мокрыми; выпуск конечных продуктов в непылящих формах;
- замену пламенного нагрева электрическим, твердого и жидкого топлива – газообразным,
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;
- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающий контакт человека с вредными веществами;
- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса, а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);
- рациональную планировку промышленных площадок, зданий, помещений;
- применение специальных систем по улавливанию и утилизации вбгазов, рекуперацию вредных веществ и очистку от них технологических выбросов, нейтрализацию отходов производства, промывных и сточных вод;
- применение средств дегазации;
- применение активных и пассивных средств взрывозащиты и взрыводавления;
- контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- включение в стандарты или технические условия на сырье, продукты и материалы токсикологических характеристик данных веществ;

- включение данных токсикологических характеристик вредных веществ в технологические регламенты,
- применение средств индивидуальной защиты рабочих;
- специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;
- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

7.2.4. Опасные и вредные факторы

ГОСТ 12.0.003–74* устанавливает классификацию опасных и вредных производственных факторов.

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на 4 группы (схема 7.Сх1):

- физические факторы;
- химические факторы;
- биологические факторы;
- психофизиологические факторы.

К физическим факторам относятся:

А. Передвигающиеся машины и механизмы, их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы.

Б. На рабочем месте (см. примечание к схеме):

- значительная высота рабочего места относительно поверхности пола;
- повышенный уровень шума.

В. В рабочей зоне (см. примечание):

В1. Повышенные или пониженные:

- температура поверхности оборудования материалов;
- температура окружающего воздуха,
- барометрическое давление;
- подвижность воздуха;
- ионизация воздуха;
- влажность воздуха;

В2. Повышенный уровень:

- запыленности воздуха;
- загазованности воздуха;
- вибрации;
- инфракрасных колебаний;
- ультразвука;
- статического электричества;
- напряжения в электрической цепи, способной пройти через тело человека;
- электромагнитных излучений;
- напряженности электрического поля;
- напряженности магнитного поля;

- ультрафиолетовой радиации;
- ультракрасной радиации.

В3. В производственном помещении и в рабочей зоне (см. примечание):

- недостаточная освещенность;
- пониженная контрастность;
- повышенная яркость света;
- отраженная и прямая блескостность;
- повышенная пульсация светового потока;
- невесомость;
- острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования.

К группе химических факторов относятся:

А. По характеру воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные;
- влияющие на репродуктивную функцию.

Б. По пути проникновения в организм человека:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

В биологической группе факторов находятся следующие биологические объекты:

- патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности;
- микроорганизмы (растения и животные).

По характеру действия психофизиологические факторы подразделяются на:

- физические перегрузки статического или динамического вида;
- нервно-психические перегрузки, связанные с умственным перенапряжением, перенапряжением анализаторов, монотонностью труда или эмоциональными перегрузками.

Один и тот же фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам, перечисленным выше.

Примечания:

Производственные помещения — замкнутые пространства в специально предвзначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Рабочая зона — пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

Рабочее место — место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

Постоянное рабочее место — место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Непостоянное рабочее место — место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50% или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с проявлениями опасных и вредных факторов, должны быть:

- разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда на производстве;
- выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда на производстве с опасными и вредными производственными факторами аналогичны мероприятиям по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами, которые приведены выше.

7.2.5. Потенциальная опасность грузов

ГОСТ 19433–88 классифицирует грузы, опасные по классам и подклассам.

ГОСТ 12.1.004–91 приводит классификацию веществ, находящихся на хранении, по потенциальной опасности вызвать пожар или усилить опасные факторы пожара, отравлять среду обитания (воздух, воду, почву, флору, фауну и т. п.) как при нормальных условиях, так и при пожаре на 4 разряда:

- безопасные;
- малоопасные;
- опасные;
- особо опасные.

В зависимости от разряда вещества и материала назначаются условия его хранения.

К безопасным относятся негорючие вещества и материалы в негорючей упаковке, которые в условиях пожара не выделяют опасных (горючих, ядовитых, едких) продуктов разложения или окисления, не образуют взрывчатых или пожароопасных, ядовитых, едких, экзотермических смесей с другими веществами.

Безопасные вещества и материалы можно хранить в помещениях или площадках любого типа.

К малоопасным относятся такие горючие и трудногорючие вещества и материалы, которые не относятся к безопасным и на которые не распространяются требования ГОСТ 19433–88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка».

Малоопасные вещества разделяют на следующие группы:

- а) жидкие вещества с температурой вспышки более 90 °С;
- б) твердые вещества и материалы, воспламеняющиеся от действия газовой горелки в течение 120 с и более;
- в) вещества и материалы, которые в условиях специальных испытаний способны самонагреться до температуры ниже 150 °С за время более 24 ч при температуре окружающей среды 140 °С;
- г) вещества и материалы, которые при взаимодействии с водой выделяют воспламеняющиеся газы с интенсивностью менее 0,5 дм³·кг⁻¹·ч⁻¹;

д) вещества и материалы ядовитые со среднесмертельной дозой при введении в желудок более 500 мг·кг⁻¹ (если они жидкие) или более 2000 мг·кг⁻¹ (если они твердые) или со среднесмертельной дозой при нанесении на кожу более 2500 мг·кг⁻¹ или со среднесмертельной дозой при вдыхании более 20 мг·дм⁻³;

е) вещества и материалы слабые, едкие и (или) коррозионные со следующими показателями: время контакта, в течение которого возникает видимый некроз кожной ткани животных (белых крыс) более 24 ч, скорость коррозии стальной (СТЗ) или алюминиевой (А6) поверхности менее 1 мм в год.

К малоопасным относятся также негорючие вещества и материалы в горючей упаковке.

Малоопасные вещества и материалы допускается хранить в помещениях всех степеней огнестойкости (кроме V степени).

К опасным относятся горючие и негорючие вещества и материалы, обладающие свойствами, проявление которых может привести к взрыву, пожару, гибели, травмированию, отравлению, облучению, заболеванию людей и животных, повреждению сооружений, транспортных средств. Опасные свойства могут проявляться как при нормальных условиях, так и при аварийных, как у веществ в чистом виде, так и при взаимодействии их с веществами и материалами других категорий, установленных ГОСТ 19433–88.

Опасные вещества и материалы необходимо хранить в складах I и II степени огнестойкости.

К особо опасным веществам относятся такие опасные вещества и материалы, которые не совместимы с веществами и материалами одной с ними категории по ГОСТ 19433–88.

Особо опасные вещества и материалы необходимо хранить в складах I и II степени огнестойкости преимущественно в отдельно стоящих зданиях.

Опасные и особо опасные вещества и материалы по ГОСТ 19433–88 разделяются на классы и подклассы (таблица 7.ТЗ) и категории.

Номера и наименования категорий опасных и особо опасных веществ и материалов и распределение их при хранении приведены в ГОСТ 12.1.004–91 и ППБ 01–93* «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации».

Каждая партия вредных, опасных и особо опасных веществ, поступающая потребителю, снабжается документом по ГОСТ 3885, удостоверяющим качество вещества (паспорт безопасности), а вещества подлежащие сертификации в области пожарной безопасности – сертификатом пожарной безопасности.

7.2.6. Паспорт безопасности

Паспорт безопасности вещества (материала) должен содержать следующую информацию:

- идентификацию химического продукта и компании (включая торговое или общепринятое название химического вещества и подробности, связанные с поставщиком или производителем);
- данные о составе, компонентах (для возможности их точной идентификации с целью оценки степени их опасности);
- идентификацию опасности вредного вещества;
- меры по оказанию первой помощи;
- противопожарные меры;
- меры в случае аварийной утечки;
- обращение с химикатами и их хранение;

- контроль за воздействием, индивидуальную защиту (включая возможные тоды контроля за воздействием на рабочем месте);
- физические и химические свойства;
- устойчивость и реактивность;
- токсикологическую информацию (в том числе о потенциальных путях попадания и о возможности синергического эффекта при соединении с другими химическими веществами, встречающимися на производстве);
- экологическую информацию;
- сведения относительно его удаления;
- информацию о транспортировке;
- правовую информацию (включая дату подготовки карты данных).

Исходные материалы, заготовки, полуфабрикаты не должны оказывать вредное воздействие на организм работающего. При необходимости использования в технологическом процессе вредных исходных материалов, заготовок, а также при образовании промежуточных веществ, обладающих опасными и вредными свойствами, работы должны быть заранее информированы о правилах безопасного поведения, обучены работе с этими веществами и обеспечены соответствующими средствами защиты.

7.2.7. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Уровни опасных и вредных производственных факторов, возникающих при пользовании вредными веществами не должны превышать допустимых значений по ГО и СанПиН.

Содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны должно соответствовать ГОСТ 12.1.005–81(91) «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (таблица 7.Т4).

Категории работ по уровню энергозатрат и периоды года указаны в приложении 1 ГОСТ 12.1.005–88 и приведены в таблице 7.Т5.

Классификация взрывоопасных смесей, газов, паров, пылей и волокон рассматривается подробно в главе 8.

В соответствии с законами РСФСР «Об охране окружающей природной среды» и «Об охране атмосферного воздуха» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» выброс и сброс вредных веществ, захоронение отходов допускаются на основе разрешения, выдаваемого специально уполномоченными на то государственными органами Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды. В разрешении устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС) вредных веществ и другие условия, обеспечивающие охрану окружающей среды и здоровье человека.

Каждая организация, деятельность которой связана с выбросами загрязняющих вредных веществ, должна быть оснащена сооружениями, оборудованием, аппаратурой для очистки выбросов и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых веществ.

Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ, загрязняющих воздух, воды, почву, должны устанавливаться с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения, согласно действующим нормативам предельно допустимых концентраций вредных веществ в окружающей природной среде.

7.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

7.3.1. Технологический процесс

Во второй главе дано определение термина «технологический процесс», как комплекса действий по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

В ГОСТ Р 12.3.047–98 «Пожарная безопасность технологических процессов» «технологический процесс — часть производственного процесса, связанная с действиями, направленными на изменение свойств и (или) состояния обращающихся в процессе веществ и изделий».

«Общие правила взрывобезопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих процессов» ПБ 09-170–97 приводят следующее определение термина (в новых ПБ 09-540-03 терминология не приведена):

— «технологический процесс — совокупность физико-химических или физико-механических превращений веществ и изменение значений параметров материальных сред, целенаправленно проводимых в аппарате (системе взаимосвязанных аппаратов, агрегате, машине и т. д.)».

ПБ 09-170–97 представляет «технологическую систему, как совокупность взаимосвязанных технологическими потоками и действующих как одно целое аппаратов, в которых осуществляется определенная последовательность технологических операций», а «технологический объект, как часть технологической системы, содержащую объединенную территориальную и связанную технологическими потоками группу аппаратов».

Технологические процессы можно разделить (классифицировать) по различным признакам:

- по времени протекания процессов;
- по сфере функционирования технологических процессов;
- по производственным функциям процессов;
- по числу технологических операций в процессе;
- по пожаровзрывоопасности технологических процессов;
- по вредному воздействию на организм человека и другим признакам.

Основные виды характера протекания процесса по времени следующие:

- непрерывный (с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов);
- полунепрерывный (непрерывный, с существенными для управления переходными режимами, вызванными добавками (заменами) сырья или реагентов либо выдачей продукции);
- непрерывно-дискретный — I (сочетающий непрерывные и прерывистые режимы на различных стадиях процесса);
- непрерывно-дискретный — II (сочетающий непрерывный и прерывистые режимы с малой длительностью непрерывных режимов в аварийных условиях);
- циклический (прерывистый, с существенной для управления длительностью интервалов непрерывного функционирования и циклическим следованием интервалов с различными режимами);
- дискретный (прерывистый, с малой, несущественной для управления длительностью непрерывных технологических операций).

Фактором отличия технологических процессов друг от друга является количество технологических операций, которые составляют данный процесс

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса производства, направленная на получение какого-либо промежуточного результата производства и характеризующаяся неизменностью:

- применяемых технологических аппаратов и установок, технологических трубопроводов и запорной арматуры;
- процесса производственных действий и/или наблюдения со стороны обслуживающего оперативного персонала.

По сфере функционирования технологических процессов или по видам производства, в которых функционируют процессы, например:

- добычающая отрасль;
- нефтеперерабатывающее производство;
- химическое производство;
- обрабатывающая промышленность;
- производство удобрений;
- литейное производство;
- газоснабжение;
- теплоснабжение.

По производственным функциям (например):

- абсорбция;
- адсорбция;
- гидрогенизация;
- гидроочистка;
- дозирование;
- измельчение (размол);
- испарение;
- коксование;
- конденсация;
- кристаллизация;
- массообмен;
- нагревание;
- отстаивание;
- охлаждение;
- осаждение;
- перекачка;
- полимеризация;
- просеивание (рвссев);
- ректификация;
- смешивание;
- сушка;
- теплообмен;
- фильтрация;
- центрифугирование;
- экстракция;

- электротермия;
- электролиз.

По пожарной опасности по ГОСТ Р 12.3.047–98 (схема 7 Сх2):

– технологический процесс повышенной опасности, в котором обращаются пожаровзрывоопасные вещества в количестве, равном или большем порогового значения по таблице 7.Т6;

– технологический процесс, в котором обращаются пожаровзрывоопасные вещества в количестве, меньшем порогового значения по таблице 7.Т6

По взрывоопасности в соответствии с ПБ 09–540–03 блоки (определение см ниже) подразделяются на категории взрывоопасности по значениям относительных энергетических потенциалов Q_0 и приведенной массе пороговой среды m (таблица 7.Т7).

Q_0 и m определяются по расчету, приведенному в приложении I ПБ 09–540 03 для массы горючей парагазовой среды, которая может выбрасываться в атмосферу при типичных авариях на технологических блоках и участвовать во взрыве парагазовых облаков в замкнутых объемах технологических систем и производственных помещениях.

Технологический блок – аппарат или группа (с минимальным числом) аппаратов, которые в заданное время могут быть отключены (изолированы) от технологической системы (выведены из технологической схемы) без опасных изменений режима, приводящих к развитию аварии в смежной аппаратуре или системе.

По вредному воздействию на организм человека – факторы воздействия приведены в 7.2.

Опасными и вредными факторами, воздействующими на работающих в результате взрыва, являются:

- ударная волна, во фронте которой давление превышает допустимое значение;
- пламя;
- обрушивающиеся конструкции, оборудование, коммуникации, здания и сооружения и их разлетающиеся части,
- образовавшиеся при взрыве и (или) вышедшие из поврежденного оборудования вредные вещества, содержание которых в воздухе рабочей зоны превышает предельно допустимые концентрации.

Технологический процесс характеризуется установленной регламентом совокупностью критических значений параметров в допустимом диапазоне их изменений.

Программно-технический комплекс АСУТП (в том числе противоаварийной автоматической защиты ПАЗ) обязан соответствовать скорости изменения значений параметров технологического процесса в допустимом диапазоне измерения и т. п. (см. разделы 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8).

Параметры, которые определяют ход технологического процесса, с установленными диапазонами изменений, указываются в исходных материалах на проектирование АСУТП.

Условия безопасного проведения технологического процесса (в том числе в первую очередь взрывопожаробезопасного проведения) обеспечиваются:

- рациональным подбором взаимодействующих компонентов с целью исключения или наибольшего снижения образования опасных смесей или продуктов;

- регламентированным вводом количеств компонентов в технологический процесс;
- введением в технологическую среду расчетного количества дополнительных веществ (антипылящих суспензий, разбавителей – флегматизаторов, инертных разбавителей и нейтрализаторов, препятствующих образованию опасных факторов, в том числе вредных и пожаробезопасных смесей в окружающем пространстве);
- рациональным выбором аппаратов и оборудования, предотвращающих или снижающих опасные факторы гидродинамических и теплообменных характеристик технологического процесса;
- установкой критических значений параметров технологического процесса и его среды (температура, расход, давление, состав и т. д.), их контролем и поддержанием средствами АСУТП с целью снижения проявления опасных факторов;
- надежным энергообеспечением;
- надежным контролем и управлением хода технологического процесса средствами автоматизации и АСУТП.

7.3.2. Технологическое оборудование и трубопроводы

Технологическое оборудование должно соответствовать ГОСТ 12.2.003–91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности», трубопроводная арматура – ГОСТ 12.2.063–81 «Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности».

При выполнении проектной документации по технологической части необходимо учитывать требования СНиП 3.05.05–84 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы».

Технологическое оборудование и технологические трубопроводы должны иметь установленный срок службы и допустимые показатели надежности.

Аппараты и трубопроводы, работающие под избыточным давлением, должны соответствовать действующим «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Трубопроводы и технологическое оборудование должно быть стойким в отношении воздействия технологической среды, с одной стороны, и окружающей среды, с другой стороны.

Теплоизоляция технологических аппаратов и трубопроводов определяется в соответствии с требованиями СНиП 2.04.14–88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Электробезопасность применяемых машин и технологического оборудования должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019–79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.2.007.0–75 «Изделия электротехнические».

Общие требования безопасности и ГОСТ 12.1.018–93 «Пожаровзрывоопасность статического электричества. Общие требования».

Технологическое оборудование и трубопроводы должны иметь предусмотренные конструкцией и проектом врезки закладных устройств (итущеров и бблиннек) для установки в них контрольно-измерительных приборов, т. к. при проведении монтажных работ их врезка недопустима (п. 3.20 СНиП 3.05.05).

7.3.3. Рабочее место

Рабочее место (рабочее место — место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности — ГОСТ 12.1.005–88), его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность работников, обслуживающих технологический процесс.

Условия труда персонала отражены в 7.5.

Размещение технологического оборудования, трубопроводной аппаратуры, электрооборудования, средств автоматизации и управления и др. в производственных помещениях, зданиях и сооружениях и в наружных установках должно обеспечивать удобство и безопасность их эксплуатации, возможность проведения ремонтных работ и Принятия, оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций или локализации аварий.

Взаимное расположение и компоновка рабочих мест должны обеспечивать безопасный доступ на рабочее место и возможность быстрой эвакуации в аварийной ситуации. Расстояния от наиболее удаленных рабочих мест до ближайшего эвакуационного выхода и между выходам должны соответствовать таблице 1 к СНиП 31-03-2001 «Производственные здания».

Контрольно-измерительные приборы, местные щиты и щиты управления должны быть расположены в удобных и доступных местах при соблюдении общих требований эргономики к размещению органов управления по ГОСТ 22269–76 «Система «человек–машина» Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования».

7.3.4. Помещение, сооружение и здание

Технологическое оборудование и трубопроводы объекта управления могут размещаться в закрытых помещениях, строительных сооружениях, зданиях, а также снаружи сооружений и зданий без защиты от атмосферных воздействий. Навесы, сетчатые ограждения и т. п. конструкции не являются частями здания или помещения, представляя собой частичную защиту от атмосферных влияний.

Здание, сооружение или помещение по своей сути являются пожароопасными строительными объектами, т. к. содержат строительные конструкции, элементы и материалы, большая часть которых в той или иной степени обладают свойствами, способствующими возникновению опасных факторов пожара и его развитию.

При проектировании систем контроля и управления необходимо учитывать пожароопасность помещений, в которых будут эксплуатироваться первичные средства автоматизации, кабельные и трубные проводки, технические средства получения, обработки и представления информации оперативному персоналу технологического объекта управления.

Как правило, технические средства представления информации размещаются в специальном помещении — операторской или диспетчерской. Средства сбора, обработки информации могут размещаться также в операторской (диспетчерской), либо в аппаратных помещениях, либо в помещениях электроустановок ТОО.

При выдаче задания на обеспечение АСУТП или СА в смежных частях проекта следует учитывать как требования технических средств системы, так и пожарно-технические

требования помещений, сооружений и зданий, в которых будут размещаться элементы АСУТП (СА), в особенности средства информационно-вычислительной и компьютерной техники.

Ознакомимся с пожарно-технической классификацией, приведенной в СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Нормы и правила устанавливают общие требования противопожарной защиты помещений, зданий и сооружений на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации, а также пожарно-техническую классификацию зданий, помещений, их элементов и частей, строительных конструкций и материалов. Требования настоящего СНиП могут дополняться, уточняться и изменяться другими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке и учитываемыми особенности функционального назначения и специфику пожарной защиты отдельных видов зданий, сооружений, помещений и инженерных систем (в том числе АСУТП).

Приоритетными требованиями норм и правил являются требования обеспечения безопасности людей при пожаре

- своевременная беспрепятственная эвакуация людей независимо от возраста и физического состояния наружу на прилегающую территорию до наступления угрозы их жизни и здоровью под воздействием опасных факторов пожара;
- спасение людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара;
- нераспространение пожара на рядом расположенные помещения, сооружения, здания, в том числе при обрушении горящего здания;
- ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении величины ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и ее техническое оснащение

Люди – количество, возраст, физическое состояние, отношение по времени и характеру их пребывания в здании или в сооружении – являются основным критерием классификации зданий и помещений по функциональной пожарной опасности.

СНиП 21-01-97 устанавливает 5 классов функциональной пожарной опасности.

В данной главе классы показаны в схеме 7.Сх3.

К классу Ф1 относятся здания для постоянного проживания и временного (в том числе круглосуточного) пребывания людей в помещениях, оборудованных спальными местами: жилые дома, общежития, больницы, дома для престарелых и инвалидов, детские спальные корпуса, санатории, мотели, гостиницы.

В зданиях временного пребывания: помещения используются круглосуточно, но контингент людей либо имеет слабое физическое состояние (инвалиды, пенсионеры, больные, дети), либо пребывает в них кратковременно (гостиница, мотель, санаторий, дом отдыха).

В этих зданиях и помещениях необходимо постоянно проводить мероприятия по противопожарной защите, предупреждению угрозы пожара, противопожарной технике безопасности.

Класс Ф2 охватывает здания, сооружения и помещения, предназначенные для проведения зрелищных, культурно-просветительных и спортивных мероприятий с массовым, но ограниченным во времени, пребыванием людей.

Проведение указанных мероприятий возможно как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе.

Театр, кинотеатр, концертный зал, цирк, спортооружение с трибунами, читальный зал библиотеки предполагают оснащение помещений и сооружений местами для сидения всего контингента людей.

Музей, выставка, танцевальный зал, дискотека и др. требуют незначительного числа мест для сидения при массовом посещении.

Скопление большого людского контингента с возможным получением сильного эмоционального возбуждения требует ясной и четкой противопожарной информации, определенных четко обозначенных путей эвакуации и спасения людей в случае возникновения пожара.

Для зданий, сооружений и помещений класса Ф3 характерно то обстоятельство, что в них число посетителей превышает число обслуживающего персонала. В зданиях класса Ф3 входят предприятия по бытовому обслуживанию населения (торговля, общественное питание, поликлиники, амбулатории, бани и помещения бытового и коммунального обслуживания — почта, сберкасса, юридическая и нотариальная конторы, парикмахерская, дом быта, бюро услуг, ателье по химчистке, пошиву одежды и ремонту обуви, транспортное агентство, вокзал с его инфраструктурой).

Непредсказуемое, как правило, во времени скопление в помещениях посетителей разного возраста, социального положения, физического здоровья создает очереди, повышенную нервозность, сутолоку. Это следует учитывать при разработке противопожарных мероприятий для помещений класса Ф3.

Учреждения и организации «интеллектуального направления» составляют здания и помещения класса Ф4.

К ним относятся учебные заведения (школа, гимназия, колледж, университет, ПТУ, курсы повышения квалификации и т. д.), просектные и научные учреждения, учреждения средств массовой информации, финансов и органов управления.

В зданиях и помещениях класса Ф4 планомерно и ежедневно находится определенный контингент людей близкого возраста и физического состояния. Контингент знает местные условия противопожарных мероприятий.

Здания, сооружения и помещения класса Ф5 составляют производственное здание, сооружение и помещение, лаборатория и мастерская, складское помещение, книгохранилище, архив, автостоянка, сельскохозяйственное здание или сооружение.

Объекты класса Ф5 обслуживаются посменно постоянно работающим контингентом работников, прошедших соответствующее обучение по технике пожарной безопасности и ответственных за состояние пожарной безопасности на рабочем месте. Посторонние люди, как правило, имеют сопровождающих лиц из основного персонала организации.

Классификация по функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и помещений проведена таким образом, что должна быть обеспечена необходимая (требуемая) пожарная безопасность людей, находящихся в помещениях, и зданиях и сооружениях соответствующего класса.

Оценочно, приближенно можно определить, что пожарная безопасность должна обеспечиваться в сооружениях, в зданиях и помещениях, которые обеспечивают людям:

- (класс Ф1) жилище постоянное или временное;
- (класс Ф2) зрелище, культуру, развлечение;

- (класс Ф3) быт, оздоровление, вокзал (пассажи́рский, транспортный терминал);
- (класс Ф4) учебу, науку, управление, финансы, средства массовой информации;
- (класс Ф5) трудовую деятельность на производстве, на складе, в мастерской, лаборатории.

Для классов зданий, сооружений и помещений Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 можно предложить следующие виды автоматизации и диспетчеризации инженерно-технических систем зданий:

1. Учет хозяйственный и коммерческий энергоносителей (электроэнергия, вода холодная и горячая, пар, газ), потребляемых зданием от внешних источников.
2. Контроль преобразования и распределения электроэнергии по отдельным потребителям в здании.
3. Диспетчерское управление распределением энергоносителей (вода горячая и холодная, воздух кондиционированный, газ, теплоноситель) по потребителям и их централизованный учет.
4. Диспетчерский контроль и управление освещением нормальным и аварийным общих мест в здании и снаружи.
5. Диспетчерское управление и (или) контроль использования кондиционированного воздуха и температурно-влажностного режима в отдельных частях помещений здания.
6. Контроль работы пассажирских и грузовых лифтов и подъемников.
7. Телефонизация помещений здания.
8. Радиофикация местная, городская здания.
9. Телевидение региональное, спутниковое, кабельное, возможно с учетом использования отдельных платных каналов.
10. Пожарная сигнализация.
11. Охранная сигнализация.
12. Система контроля доступа.
13. Система видеонаблюдения.
14. Домофоны, видеодомофоны;
15. Автоматика пожаротушения (водяного, пенного, газового).
16. Входные устройства с металлоискателем.
17. Банкомат.
18. Поисковая радиосвязь для обслуживающего персонала

По некоторым классам зданий разработаны строительные нормы и правила СНиП, которые дополняют и детализируют требования к соответствующим зданиям, изложенным в СНиП 21-01-97. Перечень нормативных документов по проектированию зданий и сооружений приведен в 7.5.

Здания, сооружения и помещения класса Ф5, подклассов Ф5.1 и Ф5.2 предназначены для размещения и защиты от атмосферных влияний производственного, технологического оборудования и трубопроводов.

Производственные здания, лабораторные здания, мастерские класса функциональной пожарной опасности Ф5.1 проектируются, строятся и эксплуатируются с соблюдением требований СНиП 31-03-2001 «Производственные здания».

Складские здания и помещения класса функциональной пожарной опасности Ф5.2 создаются и эксплуатируются с соблюдением требований СНиП 31-04-2001 «Складские здания».

Нормы СНиП 31-04-2001 не распространяются на проектирование складских зданий и помещений для хранения сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений, взрывчатых, радиоактивных и сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ), горючих газов, негорючих газов в таре под давлением более 70 кПа (0,7 кгс/см²), нефти и нефтепродуктов, каучука, целлулоида, горючих пластмасс и киноплёнки, цемента, хлопка, муки, комбикормов, пушинины, мехов и меховых изделий, сельскохозяйственной продукции, а также зданий и помещений для холодильников и зернохранилищ.

СНиП 21-01-97 классифицирует здания, сооружения и помещения, кроме классов функциональной пожарной опасности (что особенно ценно для проектных организаций по системам управления), также по степени огнестойкости и классам конструктивной пожарной опасности.

Степень огнестойкости здания или сооружения определяется проектировщиком строительной части проекта (марки АР, АС) по пределам огнестойкости несущих стен и строительных конструкций здания и разделяется на 5 степеней (I, II, III, IV, V), что видно из таблицы 4 «Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений»; конструктивная пожарная опасность имеет 4 класса (С0, С1, С2, С3), что показано в схеме 7.Сх3 (таблица 5).

Классы конструктивной пожарной опасности здания или сооружения определяются по классам пожарной опасности строительных конструкций.

Здание, сооружение и помещение представляют из себя определенным образом спроектированный набор строительных конструкций (несущая стена, колонна, связь, диафрагма жесткости, элемент перекрытия – ригель, балка, плита), противопожарных преград (стена, перегородка, перекрытие), лестниц и лестничных клеток, проемов в противопожарных преградах (заполненных дверью, воротами, люком, клапаном, окном, занавесью, тамбур-шлюзом).

Все строительные конструкции, противопожарные преграды, лестницы и лестничные клетки, заполняющие элементы проемов выполнены из строительных материалов.

Строительные материалы бывают негорючими (НГ) или горючими (Г). Последние характеризуются 5-ю признаками – горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью. Горючие материалы по указанным признакам подразделяются на группы от I до 4 (3) по степени возрастания характеристики признака. Наименование и индексы групп по признакам указаны на схеме 7.Сх3.

Там же указаны ГОСТы по методам определения признаков горючести: ГОСТ 30247.1–94, ГОСТ 30402–96, ГОСТ 30444–97, ГОСТ 12.1.044–89.

Строительные конструкции классифицируются по пожарной опасности на 4 группы, а по пределу огнестойкости конструкций – на 3.

Группы не пожароопасных стройконструкций – КО,

малопожароопасных – К1,

умеренноопасных – К2,

пожароопасных – К3 – определяются по ГОСТ 30403–96 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности».

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для

данной конструкции, признаков предельных состояний (по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость»):

- потери несущей способности — R ;
- потери целостности — E ;
- потери теплоизолирующей способности — I .

Противопожарные преграды (таблицы 1, 2, 3) предназначены для предотвращения передачи пожара или продуктов горения из одного помещения с очагом пожара в другие помещения.

К противопожарным преградам относятся стены (типов 1 и 2), перегородки (типов 1 и 2), перекрытия (типов 1, 2, 3 и 4).

По пожарной опасности преграды, также как строительные конструкции подразделяются на 4 группы (К0, К1, К2, К3). Огнестойкость преграды определяется огнестойкостью ее элементов: ограждающей части (собственно преграды), узла конструкции опоры, узла устойчивости преграды, узла крепления.

Каждый элемент противопожарной преграды имеет свои пределы огнестойкости R , E , I . Противопожарная преграда может иметь проем/проемы с соответствующим заполнением.

Тип противопожарной преграды, пределы ее огнестойкости и соответствующие типы заполнения и тамбур-шлюза указаны в таблице 1.

Виды заполнения проемов (дверь, ворота, люк, клапан, окно, занавес, тамбур-шлюз со своими противопожарными преградами), их типы в соответствии с пределами огнестойкости указаны в таблицах 2 и 3.

Лестница классифицируется:

- 1 – внутренняя, размещаемая в лестничной клетке;
- 2 – внутренняя открытая;
- 3 – наружная открытая.

Лестничная клетка бывает 2-х видов – обычная и незадымляемая.

Типы обычных лестничных клеток:

- Л1 – с остекленным или открытым проемом в наружной стене на каждом этаже;
- Л2 – с естественным освещением через остекленные или открытые проемы в покрытии.

крытии.

Типы незадымляемых лестничных клеток:

Н1 – вход в лестничную клетку с каждого этажа через наружную воздушную зону по незадымляемому открытому переходу;

Н2 – лестничная клетка с подпором воздуха при пожаре;

Н3 – вход в лестничную клетку с каждого этажа через тамбур-шлюз с подпором воздуха в нем постоянно или при пожаре.

Типы пожарных лестниц для обеспечения тушения пожара и/или спасательных действий:

П1 – вертикальная;

П2 – маршевая с уклоном не более 6:1.

7.3.5. Пожаровзрывобезопасность объекта

Определение степени огнестойкости и классов конструктивной пожарной опасности помещений по СНиП 21-01-97 следует дополнять определением помещений по группам степени опасности развития пожара по НПБ 88-2001 «Установки пожа-

ротушения и сигнализации. **Нормы и правила проектирования.** Определение зависит от функционального назначения (Ф1 + Ф5 СНиП 21-01-97) и пожарной нагрузки горючих материалов (НПБ 105-03 – категории помещений по взрывопожароопасной и пожарной опасности В1, В2, В3 и В4 по таблице 7.Т8).

Помещения (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара делятся на группы 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 5, 6, 7 (таблица 7.Т9).

При этом в группу 1 по степени опасности развития пожара входит помещения функционального назначения Ф1.1 и Ф1.2, Ф2, Ф3, Ф4. Группы 5, 6 и 7 включают различного рода складские помещения. Группы 2, 3, 4.1 и 4.2 объединяют помещения, в которых осуществляются различные технологические процессы тех или иных производств. В группы 2, 4.1 и 4.2 включены также помещения категорий В3, В2, В1 с пожарной нагрузкой более 181 МДж/м².

Таблица 7.Т9 повторяет обязательное приложение 1 к НПБ 88-2001 с указанием групп помещений по степени опасности развития пожара.

Государственная противопожарная служба МЧС России ввела в действие НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности», в соответствии с которыми категории определяются по количеству, виду и пожаровзрывоопасным свойствам находящихся или обращающихся в помещениях или наружных установках веществ или материалов и с учетом особенностей технологических процессов в помещениях и наружных установках.

Вспомним, что наружная установка представляет собою комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне здания, возможно под навесом, с сетчатым ограждением и т. п.

Категория здания и наружных установок по пожарной опасности определяется для наиболее неблагоприятного периода в отношении пожара или взрыва, исходя из вида, количества и свойств горючих материалов и веществ, находящихся в помещениях и аппаратах.

В таблице 7.Т8 объединены таблицы вышеуказанного НПБ, что позволяет сравнить категории помещений и наружных установок при наличии в них тех или иных веществ и/или материалов. Определять категории помещений или наружных установок следует путем последовательной проверки их принадлежности к категориям от А и А-н (высшей) к Д и Д-н (низшей).

Первичными опасными факторами пожара, воздействующими на людей и материальные ценности, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Вторичные факторы воздействия пожара на людей и материальные ценности:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, устройств и конструкций;
- вредные, токсичные и радиоактивные вещества и материалы из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов и устройств;

- огнетушащие вещества;
- опасные факторы взрыва (по ГОСТ 12.1.010–76), происшедшего из-за пожара, в том числе ударная волна с повышенным давлением во фронте.

Исходя из категорий по взрывопожароопасности и пожароопасности отдельных зданий и установок технологами проектной организации и/или заказчика при паспортизации объекта в установленном порядке производится определение вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожароопасном объекте. Определение вероятности возникновения пожара (взрыва) производится по приложению 3 ГОСТ 12.1.004–91.

7.3.6. Основные требования к производственным помещениям и площадкам

Размещение помещений различных категорий в зданиях, требования к эвакуационным путям и выходам, устройству дымоудаления, шлюзов, тамбур-шлюзов, лестничных клеток и лестниц должны соответствовать СНиП 21-01–97.

При расположении в одном производственном помещении различных по вредности производственных участков, должны быть предусмотрены меры, исключающие распространение вредных веществ по производственному помещению.

Монтажные проемы в междуэтажных перекрытиях, а также проемы для оборудования и коммуникаций должны заделываться или иметь съемные закрывающиеся щиты для локализации вредных производств.

С целью предупреждения образования вторичных источников выделения вредных химических веществ внутренняя отделка производственных помещений должна исключать возможность накопления пыли, сорбции паров и газов вредных веществ материалами покрытий и допускать алажную систематическую уборку помещений.

В производственных помещениях, где производятся операции с вредными химическими веществами, полы должны иметь уклон и стоки.

Устройство полов должно исключать возможность возникновения электростатических зарядов, превышающих допустимые нормы.

Материалы покрытия полов должны быть устойчивыми в отношении химического воздействия и не допускать сорбции вредных веществ.

Все производства должны иметь санитарно-бытовые помещения, состав которых определяется в зависимости от группы производственных процессов по их санитарной характеристике (таблица 6* СНиП 2.09.04–87*) «Административные и бытовые здания».

Содержание в воздухе производственных помещений вредных веществ и условия микроклимата должны систематически контролироваться в соответствии с ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548–96, таблица 7 Т4.

Определение вредных веществ в воздухе должно выполняться методами, утвержденными в установленном порядке.

Для приемков глубиной 0,5 м и более, а также для смотровых канав, требующих ежедневного обслуживания и расположенных в помещениях категорий А и Б или в помещениях, где происходит выделение вредных газов, паров или аэрозолей удельным весом более удельного веса воздуха, следует предусматривать приточно-вытяжную или вытяжную вентиляцию с искусственным побуждением.

Периодически следует контролировать чистоту подаваемого воздуха. Содержание вредных веществ в воздухе, подаваемом в производственные помещения, должно составлять не более 30% от ПДК рабочей зоны.

Для производственных помещений, в которых возможно внезапное поступление больших количеств вредных или горючих газов, паров или аэрозолей, следует предусматривать аварийную вентиляцию.

Система отопления должна обеспечивать равномерный нагрев воздуха в помещении, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность, возможность местного регулирования и выключения, удобства эксплуатации, а также доступ для очистки и ремонта.

В помещениях производств А, Б и В, а также в помещениях, где возможно выделение токсичных легковозгоняющихся пылей, не допускается устраивать ребристые трубы и конвекторы.

Согласно СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», в помещениях категории А и Б следует проектировать воздушное отопление.

Естественное и искусственное освещение производственных помещений должно обеспечивать освещенность, достаточную для безопасного выполнения работ, пребывания или передвижения людей. Нормы естественного и искусственного освещения и выбор светильников должны приниматься в соответствии с требованиями СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» и «Правил устройства электроустановок».

С учетом характера воздушной среды помещений (наличие пыли, влаги, агрессивность веществ, содержащихся в воздухе производственных помещений, возможность образования тумана, дыма, взрывоопасность, пожароопасность и т. д.) предусматриваются светильники в защитном исполнении (пылевлагозащищенные, пожаро- и взрывобезопасные).

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное (освещение безопасности и эвакуационное), охранное и дежурное.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений зданий, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Необходимость других видов освещения и требования к ним определяются СНиП 23–05.

Светильники аварийного освещения (освещения безопасности и эвакуационного) должны быть подсоединены к сети, независимой от рабочего освещения.

Электрооборудование технологического объекта управления (в том числе средства контроля и автоматизации электрической ветви приборов) должно быть стойким по отношению воздействия окружающей среды и соответствовать зонам классов пожаро- и взрывобезопасности помещений и наружных установок, определенных по ПУЭ (издание 6).

Электрооборудование необходимо устанавливать и эксплуатировать в соответствии с «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности электроустановок потребителей».

В пожароопасных и взрывоопасных помещениях проводка должна выполняться во взрывобезопасном исполнении. Запрещается устанавливать в этих помещениях выключатели, рубильники, предохранители и т. п.

Системы водоснабжения и канализации производственных помещений должны соответствовать требованиям СНиП 2.04.01–85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Гигиенические требования к генеральному плану, застройке промышленной площадки и содержанию территории организаций должны соответствовать требованиям СНиП II-89-80* (И-4-94) «Генеральные планы промышленных предприятий».

Застройка промышленной площадки должна обеспечивать возможность хорошего проветривания зданий со всех сторон.

На площадке предприятия с учетом преобладающего направления ветров должны быть выделены зоны для зданий и сооружений основных технологических процессов, транспортно-складская и административно-хозяйственная зоны, санитарные разрывы между которыми устанавливаются с учетом объема промышленных выбросов в атмосферу и конкретных условий их рассеивания в пределах территории промышленной площадки.

Не разрешается выносить на открытые площадки технологическое оборудование, где происходят процессы и реакции:

- с использованием или получением вредных химических веществ I-го класса опасности;
- при периодических процессах производства;
- при недостаточной надежности работы контрольно-измерительных приборов в условиях низких температур;
- при образовании продуктов, забивающих аппараты и коммуникации, что приводит к нарушению технологического процесса и вскрытию оборудования.

Открытые производственные площадки должны иметь твердое ровное покрытие с уклоном для стока вод (талых, ливневых, поливочных), которое препятствует поглощению химических веществ почвой (асфальт, бетон). Поверхность площадок необходимо очищать (летом – от грязи, зимой – от снега и льда).

В зоне размещения зданий и наружных установок производств должны быть выделены и обозначены табличками места проезда, стоянки и реверсирования спецтехники, используемой для ликвидации аварийных ситуаций в соответствии с планом локализации аварийных ситуаций. Указанные места должны быть всегда свободными для подъезда и стоянки спецтехники.

Открытые установки для производственных процессов, в ходе которых выделяются в атмосферу газ, пыль, дым, вредные химические вещества, а также открытые площадки для хранения сырья, вспомогательных материалов, сбора отходов располагаются в зонах сквозного проветривания с учетом розы ветров и минимальным загрязнением промплощадки и ближайших населенных пунктов. Установки при необходимости оборудуются пылегазоочистными сооружениями.

Для сбора и хранения отходов производства должны быть отведены специальные площадки с ограждениями и удобными подъездными путями.

На открытых производственных площадках концентрации вредных веществ не должны превышать ПДК для воздуха рабочей зоны производственных помещений согласно ГОСТ 12.1.005-88.

Территория предприятия должна иметь канализацию, освещение, покрытие транспортных путей, достаточные проходы и проезды.

«Правилами выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей» ГОСТ 21.501-93 предписано приводить сведения:

- класс ответственности здания (сооружения) по СНиП 2.01.07-85* (приложение 7) и по ГОСТ 27751-88, раздел 5,

II – повышенный с тяжелыми последствиями;

II — нормальный при массовом строительстве;

III — пониженный для сезонных или вспомогательных сооружений],

— категорию здания (сооружения) по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-03, [А, Б, В1+В4, Г, Д];

— степень огнестойкости здания (сооружения) по СНиП 21-01-97, [I, II, III, IV, V].

Другие сведения по зданиям, помещениям, сооружениям и наружным установкам подготавливаются специалистами по технической, строительной, архитектурной, сантехнической, электротехнической частям проекта, специвлистами генплана и транспорта, связи и сигнализации по НТД. Указанные сведения являются частью исходных материалов ИМ для проектирования. Более подробно о требованиях ИМ изложено в 5 главе.

7.4. МОЛНИЕЗАЩИТА

7.4.1. Краткие сведения о разрядах молнии

Молния — электрический разряд длиной в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-нибудь наземным сооружением.

Разряд молнии начинается с развития лидера (слабосветящегося канала с током в несколько сотен ампер) нисходящей молнии под действием процессов в грозовом облаке, которые не зависят от наличия на поверхности земли каких-либо сооружений. По мере приближения лидера к земле с наземных объектов могут возбуждаться направленные к лидеру (к облаку) встречные лидеры. Соприкосновение одного из них с нисходящим лидером (или касание нисходящим лидером земли) определяет место удара молнии (в землю или в объект).

Восходящие лидеры возбуждаются с высоких заземленных сооружений, электрическое поле у вершин которых во время грозы резко усиливается.

После соприкосновения устанавливается сквозной канал лидера нисходящей молнии. Далее происходит главная стадия разряда — быстрая нейтрализация зарядов лидера, которая сопровождается ярким свечением и нарастанием тока до пиковых значений (от 1 до сотен кА), что приводит к интенсивному разогреву канала (до 10 000 °С) и его ударному расширению, на слух воспринимаемому как раскат грома.

Ток канала состоит из непрерывной составляющей (ток от единиц до сотен А продолжительностью в среднем 0,2 с; редко 1–1,5 с) и нескольких последовательных импульсов отрицательной полярности, вложенных на непрерывную составляющую.

Первый импульс — несколько сотен мксек с фронтом от 3 до 20 мкс со средним током в 50% случаев — 30 кА, а в 1–2% случаев — до 100 кА.

Последующие импульсы длиной фронта до 0,6 мкс и током 12 кА (средние значения) с более высокой крутизной (скоростью нарастания тока импульса).

Заряд, переносимый в течение вспышки молнии, колеблется от единиц до сотен Кл, из которых непрерывная составляющая содержит 10–20 Кл, а каждый из импульсов — 5–15 Кл (кулон).

В 10% случаев наблюдаются нисходящие молнии с импульсами положительной полярности (часто с большими параметрами): длительность до 1000 мкс, длина фронта около 100 мкс, а переносимый заряд около 35 Кл при максимально возможной амплитуде более 500 кА.

Восходящая молния характеризуется отрицательной (в основном) полярностью двух типов:

- а) непрерывный безимпульсный разряд длительностью в десятые доли секунды, величиной несколько сотен кА и переносимым зарядом 2–20 Кл;
- б) с наложением на непрерывную составляющую коротких импульсов с амплитудой 10–12 кА (до 30 кА в 5% случаев), с переносимым зарядом до 40 Кл.

7.4.2. Грозовая деятельность

Грозовая деятельность в различных географических пунктах земли различна и характеризуется повторяемостью и продолжительностью гроз, плотностью ударов нисходящих молний на единицу площади.

Плотность ударов зависит от геологических, климатических и др. факторов и колеблется от 0 у полюсов до 20–30 за год на кв. км земной поверхности во влажных тропических лесах, резко снижаясь в пустынях.

Удельная плотность ударов молнии в землю определяется исходя из среднетодовой продолжительности гроз в часах для территории России (таблица 7.Т10), а продолжительность гроз определяется по карте (иногда по региональным картам областей), приведенной в РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

Ожидаемое количество поражений молнией является показателем, определяющим необходимость выполнения молниезащиты и ее надежность.

Подсчет числа поражений нисходящими молниями исходит из того, что поверхность земли определенной площади (поверхность стягивания) может быть поражена в случае отсутствия на ней возвышающегося объекта, который принимает на себя разряды молнии.

Поверхность стягивания имеет форму круга для сосредоточенного объекта (вертикальной трубы, башни) или форму прямоугольника для протяженного объекта (линия воздушной электропередачи).

Число поражений объекта N равно произведению площади стягивания S на плотность разрядов молнии в месте расположения объекта (n).

Для сосредоточенного объекта $N = \pi \cdot R^2 \cdot n$ (штук);

для распределенного объекта (длиною l) $N = 2l \cdot R^2 \cdot n$ (штук);

радиус стягивания по статистике связан с высотой объекта h в среднем: $R_s = 3h$.

Таким образом, при средней продолжительности гроз 40–60 часов в год в сосредоточенный объект высотой 50 м можно ожидать не более одного поражения в 3–4 года, а здание высотой 20 м и размерами в плане 100х100 м – не более одного поражения в 5 лет.

Для небольших строений (с габаритами до 10 м) ожидаемое количество поражений молнией редко превышает 0,02 за год.

7.4.3. Опасные воздействия молнии

Возможные виды опасного воздействия молнии, по РД 34.21.122-87 на различные наземные объекты различны и подразделяются на 2 основные группы (схема 7.Сх4):

- первичные;
- вторичные.

Первичные воздействия вызваны прямым ударом молнии (поражение молнией) – непосредственным контактом канала молнии с объектом (зданием, сооружением), сопровождающимся протеканием через него тока молнии.

Его воздействия на объект следующие:

- электрические, связанные с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжения на пораженных элементах (перенапряжение пропорционально амплитуде и крутизне тока молнии – см. 7.4.1), индуктивности конструкций и сопротивлению заземлителей, по которым ток молнии отводится в землю; при отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии неконтролируемы, и ее удар может создать опасность поражения током, опасные напряжения шага или прикосновения, перекрытия на другие объекты;

- термические, связанные с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым объекта и при протекании через объект тока молнии; выделяемая энергия определяется переносимым зарядом, длительностью вспышки и амплитудой тока молнии;

- энергия на 1 Ом превышает 5,5 Дж, что значительно выше минимальной энергии воспламенения большинства газо-, паро-, пылевоздушных смесей, используемых в производствах; протекание тока молнии по «тонким» проводникам вызывает их расплавление и разрыв;

- механические, обусловленные ударной волной от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники тока молнии, что приводит к сплющиванию «тонких» металлических трубок; а контакт с каналом молнии может вызвать резкое паро- или газообразование в некоторых материалах с последующим разрушением (расщепление древесины, образование трещин в бетоне).

Вторичное проявление молнии – наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудовании, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов. Обычно это поле рассматривают в виде двух составляющих: первая обусловлена перемещением зарядов в лидере и канале молнии, вторая – изменением тока молнии во времени. Эти составляющие иногда называют электростатической и электромагнитной индукцией.

Электростатическая индукция проявляется в виде перенапряжения, возникающего на металлических конструкциях объекта. Перенапряжение зависит от тока молнии, расстояния до места удара и сопротивления заземлителя. При отсутствии надлежащего заземлителя перенапряжение может достигать сотен киловольт и создавать опасность поражения людей и перекрытий между разными частями объекта.

Электромагнитная индукция связана с образованием в металлических контурах ЭДС, пропорциональной крутизне тока молнии и площади, охватываемой контуром. Протяженные коммуникации в современных производственных зданиях могут образовывать охватывающие большую площадь контуры, в которых возможно наведение ЭДС в несколько десятков киловольт. В местах сближения протяженных металлических конструкций, в разрывах незамкнутых контуров создается опасность перекрытий и искрений с возможным рассеянием энергии около десятых долей джоуля.

Вид опасного воздействия молнии — занос высокого потенциала по вводимым в объект коммуникациям (проводам воздушных линий электропередачи, кабелям, трубопроводам). Он представляет собой перенапряжение, возникающее на коммуникации при прямых и близких ударах молнии и распространяющееся в виде набегающей на объект волны. Опасность создается за счет возможных перекрытий с коммуникации на заземленные части объекта. Подземные коммуникации также представляют опасность, так как могут принять на себя часть растекающихся в земле токов молнии и занести их в объект.

Подробнее о влиянии высоковольтных проявлений молнии на средствах АСУТП изложено в разделе 8.11.

7.4.4. Классификация защищаемых объектов

В данном подразделе рассмотрена классификация объектов по «Инструкции» РД 34-21.122-87. Иная классификация защищаемых объектов приведена в 7.4.8. Тяжесть последствий удара молнии зависит, прежде всего, от взрыво- или пожароопасности здания или сооружения при термических воздействиях молнии, а также искрениях и перекрытиях, вызванных другими видами воздействий. Например, в производствах, постоянно связанных с открытым огнем, процессами горения, применением негорючих материалов и конструкций, протекание тока молнии не представляет большой опасности. Напротив, наличие внутри объекта взрывоопасной среды создаст угрозу разрушений, человеческих жертв, больших материальных ущербов. Здания и сооружения разделены на три категории, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией (таблица 7.Т11).

К I категории молниезащиты отнесены производственные помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пылей, волокон. Любое поражение молнией, вызывая взрыв, создает повышенную опасность разрушений и жертв не только для данного объекта, но и для близрасположенных.

В этих производственных помещениях согласно ПУЭ, глава 7, пп. 7.3.40, 7.3.45 образуются зоны классов В-I и В-II, согласно ГОСТ Р 51330.9-99 зона класса 0, по IEC 79-10 — зоны 0 и 20. Здания и сооружения, отнесенные к I категории, по устройству молниезащиты должны быть защищены (схема 7.Сх3):

- от прямых ударов молнии;
- от вторичных проявлений молнии;
- от заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации.

Если площадь помещений I категории молниезащиты составляет менее 30% площади всех помещений здания (на всех этажах), молниезащиту допускается выполнять по II категории независимо от категории остальных помещений. При этом на вводе в помещения I категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям.

Во II категорию молниезащиты попадают производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает

опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или срабатыванием дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках. Благодаря умеренной продолжительности гроз на территории СССР вероятность совпадения этих событий достаточно мала.

В зданиях и сооружениях, наружных установках, отнесенных ко II категории, по уровню молниезащиты могут образовываться взрыво- и пожароопасные зоны:

- по ПУЭ, пп. 7.4.41, 7.4.42, 7.4.43, 7.4.46 – классов В – Ia, В – Ib, В – Ic, В – IIa;
- по ГОСТ Р 51330.9–99 – классов I и 2;
- по IEC 79-10 – зоны 1 и 2, 21 и 22.

Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений по СНиП 21-01-97 относит ко II категории по молниезащите (таблица 7.Т11) производственные здания, сооружения и помещения Ф 5.1.

Ко II категории по уровню молниезащиты отнесено здание вычислительного центра ВЦ. К ВЦ следует также отнести помещения пункта управления и электропитания при ПУ системы автоматизации и АСУТП.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены:

- от прямых ударов молнии;
- вторичных ее проявлений;
- заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации (таблица 7.Т11а).

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молнии.

Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты II и III категорий, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по II категории.

Если площадь помещений II категории молниезащиты составляет менее 30% площади всех помещений здания (на всех этажах), молниезащиту всего здания допускается выполнять по III категории. При этом на вводе в помещения II категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям.

К III категории отнесены объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде. Сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости, причем для них требования к молниезащите ужесточаются с увеличением вероятности поражения объекта (ожидаемого количества поражений молнией). Кроме того, к III категории отнесены объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных: большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов.

Наконец, к III категории отнесены мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции. Согласно статистическим данным на эти объекты приходится значительная доля пожаров, вызванных грозой. Из-за небольшой стоимости этих строений их молниезащита выполняется упрощенными способами, не требующими значительных материальных затрат.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены:

- от прямых ударов молнии;
- заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

Внутри зданий большой площади (шириной более 100 м) необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциалов.

Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты I и II или I и III категорий, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по I категории.

Здания и сооружения, или их части, могут иметь в своем составе зоны П-I, П-II и П-IIа по ПУЭ, пп. 7.4.3÷7.4.5, а наружные установки — зону П-III (п. 7.4.6)

В III категорию по уровню молниезащиты согласно СНиП 21-01-97 входит необычайно широкий круг зданий и помещений: Ф1.1 + Ф1.4, Ф2.1 + Ф2.4, Ф3.1 + Ф3.6, Ф4.1 + Ф4.3, Ф5.1 + Ф5.3.

7.4.5. Средства и способы молниезащиты

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

Средством защиты от прямых ударов молнии служит **молниеотвод** — устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю.

Молниеотводы разделяются на:

- отдельно стоящие, обеспечивающие растекание тока молнии, минуя объект;
- установленные на самом объекте, при этом растекание тока происходит по контролируемым путям так, что обеспечивается низкая вероятность поражения людей (животных), взрыва или пожара.

Установка отдельно стоящих молниеотводов исключает возможность термического воздействия на объект при поражении молниеотвода; для объектов с постоянной взрывоопасностью, отнесенных к I категории, принят этот способ защиты, обеспечивающий минимальное количество опасных воздействий при грозе.

Для объектов II и III категорий, характеризующихся меньшим риском взрыва или пожара, в равной мере допустимо использование отдельно стоящих молниеотводов и установленных на защищаемом объекте.

Молниеотвод состоит из следующих элементов: молниеприемника, опоры, токоотвода и заземлителя. Однако на практике они могут образовывать единую конструкцию, например металлическая мачта или ферма здания представляет собой молниеприемник, опору и токоотвод одновременно.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтальные протяженные) и сетки, состоящие из продольных и поперечных горизонтальных электродов, соединенных в местах пересечений. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и уста-

ноплненные на объекте; молниеприемные сетки укладываются на неметаллическую кровлю защищаемых зданий и сооружений.

При выборе средств защиты от прямых ударов молнии, типов молниеотводов необходимо учитывать экономические соображения, технологические и конструктивные особенности объектов. Во всех возможных случаях близрасположенные высокие сооружения необходимо использовать как отдельно стоящие молниеотводы, а конструктивные элементы зданий и сооружений, например металлическую кровлю, фермы, металлические и железобетонные колонны и фундаменты, – как молниеприемники, токоотводы и заземлители. Защита от термических воздействий прямого удара молнии осуществляется путем надлежащего выбора сечений молниеприемников и токоотводов, толщины корпусов наружных установок, расплавление и проплавление которых не может произойти при указанных выше параметрах тока молнии, переносимого заряда и температуры в канале.

Защита от механических разрушений различных строительных конструкций при прямых ударах молнии осуществляется: бетона – армированием и обеспечением надежных контактов в местах соединения с арматурой; неметаллических выступающих частей и покрытий зданий – применением материалов, не содержащих влаги или газогенерирующих веществ.

Защита от перекрытий на защищаемый объект при поражении отдельно стоящих молниеотводов достигается надлежащим выбором конструкций заземлителей и изоляционных расстояний между молниеотводом и объектом. Защита от перекрытий внутри здания при протекании по нему тока молнии обеспечивается надлежащим выбором количества токоотводов, проложенных к заземлителям кратчайшими путями.

Защита от напряжения прикосновения и шага обеспечивается путем прокладки токоотводов в малодоступных для людей местах и равномерного размещения заземлителей по территории объекта.

Защита от вторичных воздействий молнии обеспечивается следующими мероприятиями. От электростатической индукции и заноса высокого потенциала – ограничением перенапряжений, наведенных на оборудовании, металлических конструкциях и вводимых коммуникациях, путем их присоединения к заземлителям определенных конструкций; от электромагнитной индукции – ограничением площади незамкнутых контуров внутри зданий путем наложения перемычек в местах сближения металлических коммуникаций. Для исключения искрения в местах соединений протяженных металлических коммуникаций (например, трубных и кабельных проводов) обеспечиваются низкие переходные сопротивления – не более 0,03 Ом (затяжка шести болтов на каждый фланец соединения).

7.4.6. Зона защиты молниеотвода

Защитное действие молниеотвода основано на «свойстве» молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземленные предметы по сравнению с расположенными рядом объектами меньшей высоты. Поэтому на молниеотвод, возвышающийся над защищаемым объектом, возлагается функция перехвата молний, которые в отсутствие молниеотвода поразили бы объект. Количественно защитное действие молниеотвода определяется через вероятность прорыва.

Прорыв на защищаемый объект — отношение числа ударов молнии в защищенный объект (числа прорывов) к общему числу ударов в молниевод и объект.

Согласно принятой в РД 34.21.122–84 расчетной методике оценки вероятности прорыва невозможно создать идеальную или полную защиту объекта от прямых ударов молнии.

Однако на практике осуществимо взаимное расположение объекта и молниевода, обеспечивающее низкую вероятность прорыва, например 0,1 и 0,01, что соответствует уменьшению числа поражений объекта примерно в 10 и 100 раз по сравнению с незащищенным объектом.

При указанных вероятностях прорыва (0,1 и 0,01) для большинства народно-хозяйственных зданий можно построить 2 типа зон защиты.

Этим зонам защиты соответствует степень надежности 0,9 и 0,99.

В РД установлены:

- зона защиты **A** с ориентировочной степенью надежности 0,995;
- зона защиты **B** со степенью надежности 0,95.

7.4.7. Заземлитель молниезащиты

Заземлитель молниезащиты — один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии. Заземлители делятся на естественные и искусственные.

Естественные заземлители — заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений

Искусственные заземлители — специально проложенные в земле контуры из полосовой или круглой стали; сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

Эффективный способ ограничения грозовых перенапряжений в цепи молниеввода и на металлических конструкциях и оборудовании объекта — низкое сопротивление заземлителей.

РД 34.21.122–87 нормирует сопротивление заземлителя или иные характеристики, связанные с сопротивлением (конструкции типовых заземлителей, фундаментов и т. п.).

В приложении 3 к РД приведены расчеты зон защиты различных типов молниеводов:

- одиночный стержневой;
- двойной стержневой;
- многократный стержневой;
- одиночный тросовый;
- двойной тросовый.

7.4.8. Новый взгляд на молниезащиту

В Российской Федерации взамен РД 34.21.122–87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» разработана и внесена в реестр действующих в элект-

розэнергетике НТД по приказу ОАО РАО «ЕЭС России» № 422 от 14.08.2003 года «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003.

Новая «Инструкция» (сокращенно назовем ее «Инструкция СО» в отличие от ранее действующей «Инструкции РД») может применяться как рекомендательный документ, т. к. не прошла согласование в Министерстве юстиции РФ и требует определенных доработок и дополнений.

Для главы 7 «Методики» интерес в «Инструкции СО» представляет классификация объектов по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения, которая отличается от категорийности молниезащиты по «Инструкции РД».

«Инструкция СО» разделяет объекты на 4 класса:

- обычные объекты;
- специальные объекты с ограниченной опасностью;
- то же, представляющие опасность для непосредственного окружения;
- то же, опасные по экологии.

Классы объектов определяются по типам объектов и последствиям удара молнии, что отражено в таблице 7.Т11б.

При проектировании строительных объектов для каждого из 4 классов объектов заказчику требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ).

Прямой удар молнии (ПУМ) – электрический разряд атмосферного происхождения между грозовым облаком и объектом/землей, состоящий из одного или нескольких импульсов тока.

Для обычных объектов предлагаются 4 уровня надежности защиты (таблица 7.Т11в), которые имеют значения от 0,8 до 0,98.

Надежность защиты определяется как $1-R$, где R – предельно допустимая вероятность прорыва удара молнии в объект, защищаемый молниеводами.

R по «Инструкции СО» равноценно числу поражений объекта N по «Инструкции РД», указанных в разделе 7.4.2.

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9 – 0,999 в зависимости от степени его общественной значимости и тяжести последствий от ПУМ. По желанию заказчика в проект может быть заложен уровень надежности, превышающий предельно допустимый.

Уровни защиты (надежности защиты) характеризуются (таблица 7.Т2б) предельно допустимыми параметрами тока молнии, которые необходимо знать для расчета механических и термических воздействий на объект и (что важно для проектирования АСУТП) для нормирования средств защиты от электромагнитных воздействий (раздел В.11).

В «Инструкции СО» глава 3 «Защита от ПУМ» посвящена описанию требований к комплексу средств молниезащиты и расчету параметров зон защиты различных молниеводов, определению зон защиты по рекомендациям МЭК.

«Инструкция СО» рекомендует производить определение вида молниевода при помощи соответствующих компьютерных программ, способных вычислять зоны защиты или вероятность прорыва молнии в объект (группу объектов) любой конфигурации при произвольном расположении практически любого числа молниеводов различных типов.

При прочих равных условиях высоту молниеотвода можно снизить, если вместо стержневых конструкций применять тросовые, особенно при их подвеске по внешнему периметру объекта.

Если защита объекта обеспечивается простейшими молниеотводами (одиночным стержневым, одиночным тросовым, двойным стержневым, двойным тросовым, замкнутым тросовым), то размеры молниеотводов можно определять, пользуясь заданными зонами защиты.

В случае проектирования молниезащиты для обычного объекта возможно определение зон защиты по защитному углу или методом катящейся сферы согласно стандарту Международной электротехнической комиссии (IEC 1024) при условии, что расчетные требования Международной электротехнической комиссии оказываются более жесткими, чем требования «Инструкции СО».

Зоны защиты от воздействия молнии определяются с точки зрения прямого и непрямого воздействия молнии.

«Инструкция СО» учитывает при определении зон защиты рекомендации МЭК (стандарты МЭК 61312).

Самое большое влияние молнии сказывается в зоне 0, в зонах 1, 2 и т. д. влияние молнии уменьшается, параметры токов, напряжений и электромагнитных полей становятся ниже.

По «Инструкции СО» зоны устанавливаются следующим образом.

Зона 0 — зона, где каждый объект подвержен прямому удару молнии, и поэтому через него может протекать полный ток молнии. В этой области электромагнитное поле имеет максимальное значение.

Зона 0_ε — зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, но электромагнитное поле не ослаблено и также имеет максимальное значение.

Зона 1 — зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии и ток во всех проводящих элементах внутри зоны меньше, чем в зоне 0_ε; в этой зоне электромагнитное поле может быть ослаблено экранированием.

Прочие зоны — эти зоны устанавливаются, если требуется дальнейшее уменьшение тока (напряжения) и/или ослабление электромагнитного поля; требования к параметрам зон определяются в соответствии с требованиями к защите различных зон объекта.

Общие принципы разделения защищаемого пространства на зоны молниезащиты показаны на рис. 7.Р1.

На границах зон осуществляются меры по экранированию и соединению всех пересекающих границу металлических элементов и коммуникаций.

Стандарт МЭК 61312-1 зоны защиты определяет с электрической точки зрения так же как «Инструкция СО». Однако обозначение зон отличается, и в терминологическом определении также имеются отличия.

— зона OA — зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться прямому удару молнии (иметь непосредственный контакт с ее канплом) и воздействию возникающего при этом электромагнитного поля;

— зона OB — зона внешней среды объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии, так как находятся в пространстве, защищенном системой внешней молниезащиты. Однако в данной зоне имеется воздействие неослабленного электромагнитного поля;

– зона I – внутренняя зона объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии. В этой зоне токи во всех токопроводящих частях имеют значительно меньшее значение по сравнению с зонами OA и OB. Электромагнитное поле также снижено по сравнению с зонами OA и OB за счет экранирующих свойств строительных конструкций.

По определению «Инструкции СО» каждый объект, находящийся в зоне O, подвергается прямому удару молнии, по определению МЭК – все точки *внешней среды* объекта (а не объект) могут подвергаться прямому удару молнии. Как видно, это значительное отличие в терминах зон O и OA.

Зона O_e по «Инструкции СО» не подвержена ПУМ. Но чем это достигается – непонятно. В то же время стандарт МЭК четко определяет внешнюю среду объекта в зоне OB: «...все точки среды находятся в пространстве, защищенном системой внешней молниезащиты...».

Разделение на зоны OA и OB указано на рис. 7.P1, там же указаны зоны O и O_e по «Инструкции СО».

На рисунке показано разделение защищаемого объекта на зоны. Кабели электропитания, связи, информационные сети, металлические коммуникации (тепло-, водо-, газопроводы и др.) должны входить в каждую защитную зону (1, 2, ...) в одной точке, где экраны кабелей и металлические части подключаются к заземляющей шине на границе зоны O– O_e и зоны 1, зоны 1 и зоны 2 и т. д.; защита всех отмеченных сетей рсается с помощью различных устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) или внутренней системой молниезащиты.

Экранирование является основным способом уменьшения электромагнитных помех.

Металлическая конструкция строительного сооружения используется или может быть использована в качестве экрана. Подобная экранная структура образуется, например, стальной арматурой стен, полов здания, а также металлическими деталями крыши, фасадов, стальными каркасами, решетками. Эта экранирующая структура образует электромагнитный экран с отверстиями (за счет окон, дверей, вентиляционных отверстий, шага сетки в арматуре, щелей в металлическом фасаде, отверстий для линий электроснабжения и т. п.). Для уменьшения влияния электромагнитных полей все металлические элементы объекта электрически объединяются и соединяются с системой молниезащиты

Если кабели проходят между соседними объектами, заземлители последних соединяются для увеличения числа параллельных проводников и уменьшения, благодаря этому, токов в кабелях. Такому требованию хорошо удовлетворяет система заземления в виде сетки. Для уменьшения индуцированных помех можно использовать:

- внешнее экранирование;
- рациональную прокладку кабельных линий;
- экранирование линий питания и связи.

Все эти мероприятия могут быть выполнены одновременно.

Если внутри защищаемого пространства имеются экранированные кабели, их экраны соединяются с системой молниезащиты на обоих концах и на границах зон.

Кабели, идущие от одного объекта к другому, по всей длине укладываются в металлические трубы, сетчатые короба или железобетонные короба с сетчатой арматурой. Металлические элементы труб, коробов и экраны кабелей соединяются с указанными

общими шинами объектов. Можно не использовать металлические корпуса или лотки, если экраны кабелей способны выдержать предполагаемый ток молнии.

Соединения металлических элементов необходимы для уменьшения разности потенциалов между ними внутри защищаемого объекта.

Соединения находящегося внутри защищаемого пространства и пересекающих границы зон молниезащиты металлических элементов и систем выполняются на границах зон. Осуществлять соединения следует с помощью специальных проводников или зажимов и, когда это необходимо, с помощью устройств защиты от перенапряжений (УЗИП), применение последних изложено в 9.25.

7.5. УСЛОВИЯ ТРУДА ПЕРСОНАЛА

Персонал АСУТП составляет, как правило, небольшую часть от персонала, обслуживающего или использующего технологический объект управления, входящий в производственный сектор предприятия.

Персонал АСУТП определяется штатным расписанием, которое соответствует структуре и составу подразделения (службы, отдела, отделения и т. п.) АСУТП конкретного предприятия.

Персонал АСУТП в общем случае можно разделить на 2 группы:

- оперативный персонал;
- ремонтный персонал.

Оперативный персонал АСУТП, как определено в разделе 2.7: «совокупный контингент специалистов, который обеспечивает нормальное функционирование всего автоматизированного технологического комплекса АТК и состоит из:

– **технологов-операторов АТК**, в функции которых входит контроль за состоянием и работой, управление технологическим объектом управления ТОУ с использованием информации и «советов» (рекомендаций) со стороны средств вычислительной техники по рациональному управлению объектом;

– **эксплуатационного персонала АСУТП**, обеспечивающего нормальное регламентное функционирование комплекса технических и программных средств АСУТП».

Следует отметить, что технологи-операторы не входят в штат подразделения АСУТП, но оперативно действуют в структуре автоматизированной системы управления технологическим процессом и непосредственно используют технические устройства контроля, визуализации, управления АСУТП для реализации служебных функций. Их рабочее место полностью совмещено с компоновкой средств вычислительной техники, средств представления информации и элементов дистанционного автоматизированного управления технологическим процессом.

Обычно рабочее место технолога-оператора проектирует разработчик проекта АСУТП в соответствии с организационной структурой средств автоматизации и вычислительной техники.

Задачей эксплуатационного персонала АСУТП является:

- поддержание технических средств АСУТП в работоспособном состоянии;
- эксплуатацию внедренных подсистем и программ АСУТП;
- контроль за использованием технических средств АСУТП операторами-технологами и другими клиентами системы;

— своевременное привлечение ремонтного персонала к устранению выявленных дефектов.

Изменение программ и установок параметров системы, отладка измененных или вновь вводимых программ, связанных с изменением или расширением функций АСУТП в процессе ее эксплуатации, дублирование программ и их хранение, другие действия с программным обеспечением системы может выполняться полностью или частично либо силами ремонтного персонала, либо разработчиком системы, либо организацией, осуществляющей сервисное обслуживание системы.

Средства автоматизации и вычислительной техники располагаются в общем случае рассредоточено как в помещении технологов-операторов (операторском помещении), так и в аппаратных (специальных, выделенных для размещения технических средств АСУТП, или электротехнических помещениях) или непосредственно в производственных помещениях и наружных установках объекта управления. Кроме того, некоторые технические средства размещаются в функциональных помещениях административного и вспомогательного персонала предприятия, располагаемых в различных зданиях и помещениях предприятия (организации).

Эксплуатационный персонал может не являться персоналом производственно-го предприятия, а представлять организацию, осуществляющую так называемое сервисное обслуживание системы.

Ремонтный персонал АСУТП имеет своей задачей.

— качественное выполнение ремонтных работ;
— диагностирование и локализацию неисправностей технических средств и программно-технических средств.

Ремонтные работы по АСУТП могут осуществляться специализированной организацией по договору сервисного обслуживания и проведения ремонтных работ.

Ремонтный персонал дислоцируется, в основном, в ремонтных мастерских; кроме того, ремонтные специалисты могут находиться в аппаратных помещениях системы.

Определенное время специалисты по ремонту средств автоматизации находятся на производственных площадках, сооружениях и установках, выполняя функциональные действия с первичными средствами автоматизации, исполнительными механизмами, кабельными и трубными проводками.

Условия труда персонала АСУТП различны и зависят от организационной структуры технологического объекта управления в условиях действия АСУТП, от количества рабочих мест и численности персонала АСУТП, от организации и оснащённости рабочих мест и, естественно, от технологического процесса и его аппаратного оснащения, от опасных факторов технологического процесса, от опасных или вредных веществ, образующихся в процессе и находящихся в атмосфере рабочей зоны и атмосфере помещений и сооружений, на территории которых расположены зоны обслуживания средств автоматизации.

Условия труда персонала АСУТП должны быть благоприятными и безопасными, обеспечивать сохранение здоровья, работоспособности работников, снижать потери рабочего времени и, соответственно, повышать качество и производительность труда.

При проектировании подобные условия труда должны обеспечиваться за счет решений, разрабатываемых с соблюдением положений и требований действующего

законодательства Российской Федерации, нормативных и правовых актов по охране труда на производстве, включая требования СНиП 2.09.04–87* «Административные и бытовые здания», а также с учетом гигиенических критериев оценки условий труда, утвержденных Госкомсанэпиднадзором России 12.07.94 г. Р.2.2.013–94.

Санитарно-гигиенические условия труда должны обеспечивать оптимальность микроклимата (температуры, влажности, чистоты воздушной среды, естественного и искусственного освещения, уровня производственных шумов, вибрации и др.) по таблице 7.Т4.

Допустимые уровни шума, инфра- и ультразвук в производственных помещениях, рабочих местах и на территории предприятия определяются в соответствии с санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.006–84, ГОСТ 12.1.001–89.

Уровни технологических вибраций на рабочих местах принимаются по ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования».

В проекте должны предусматриваться мероприятия, исключающие неблагоприятное воздействие на работающих постоянных магнитных электростатических и электромагнитных полей, радиочастот, лазерных излучений (ГОСТ 12.1.006–84, ГОСТ 12.1.040–83, ГОСТ 12.1.045–84).

Психофизиологические условия организации трудовых процессов должны обеспечивать высокую работоспособность за счет:

- ликвидации или сокращения тяжелого физического, ручного труда, применения прогрессивных технологий, оборудования, организации труда;
- ограничения нервно-психических, эмоциональных и зрительных перегрузок,
- сокращения монотонности при работе.

Санитарно-бытовые помещения – основные требования к составу объектов и помещений бытового обслуживания работающих (гардеробных, душевых), специального обслуживания (комнаты отдыха, обогрева) предусматриваются в зависимости от группы производственных процессов предприятия, которые определяются их санитарной характеристикой, с учетом общей численности и квалификационного состава работающих, условий производства и степени загрязнения тела и спецодежды работающих.

Основные строительные требования к санитарно-бытовым помещениям предусмотрены в СНиП 2.09.04–87* «Административные и бытовые здания».

Определение групп производственных процессов по санитарным характеристикам производится на основании признаков загрязнения тела и спецодежды (таблица 7.Т12) по СНиП 2.09.04–87*. Данные таблицы необходимо использовать при подготовке задания на бытовые помещения для персонала АСУТП.

Условия труда работников отнесены к 4 классам:

- 1 – оптимальный;
- 2 – допустимый;
- 3 – вредный;
- 4 – опасный (экстремальный).

В свою очередь класс «вредный» имеет 4 степени – 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

Классы условий труда определяются по ряду производственных факторов, некоторые из которых зависят от категории работ по ГОСТ 12.1.005–88, от климатической зоны (района, подрайона), от пола работающих (мужчина, женщина).

Оценка условий труда производится по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, которые приведены в «Пособии к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации «Организация и условия труда работников. Управление производством и предприятием», издание 1997 г.

В данной главе таблицы методического пособия несколько изменены с целью лучшего освоения методики расчета оценки условий труда работающих. Общая оценка условий труда по степени вредности, опасности, тяжести и напряженности осуществляется путем заполнения таблицы 7.Т13.

Строка 1 «фактор химический» отражает степень вредности условий труда по максимальным концентрациям вредных веществ и их превышением в несколько раз

По данным специалистов-технологов и на основании приложения ГОСТ 12.1.005-88 определяется для вредного вещества степень отклонения его содержания в воздухе рабочей зоны в сторону ниже ПДК (класс условий труда – допустимый) или в сторону выше ПДК (в зависимости от степени превышения устанавливается класс условий труда) и устанавливается класс условий труда по таблице 7.Т14.

При одновременном присутствии в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия исходят из расчета суммы отношений фактических концентраций каждого из них к их ПДК, которую принимают за единицу.

Оценку условий труда при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны двух и более вредных веществ разнонаправленного действия проводят следующим образом:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
 - наличие любого числа веществ класса 3.1 не увеличивает степень вредности условий труда;
 - три и более веществ класса 3.2 переводит условия труда в следующую степень вредности – 3.3;
 - два и более вредных веществ класса 3.3 переводит условие труда в класс 3.4.
- Аналогичным образом осуществляется перевод из класса 3.4 в 4-й класс опасных условий труда.

Если одно вещество имеет несколько специфических эффектов (канцероген, аллерген, вещество с остронаправленным механизмом действия), оценка условий труда проводится по более жесткой градации.

Самая высокая степень вредности, определенная по таблице 7.Т14, проставляется в строку 1 таблицы 7.Т13.

В строку 2 таблицы 7.Т13 «фактор биологический» проставляется самый высокий класс условий труда, определенный по отношению к ПДК биологически вредных веществ, таблица 7.Т15.

Физические факторы воздействия на организм человека объединены в строки 3÷12.

Строка 3 «аэрозоли – Ф» (фиброгенного действия) принимается в соответствии со строкой таблицы 7.Т14 «Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия».

Строки 4, 5, 6, 7, 8 таблицы 7.Т13 соответствуют первым пяти строкам таблицы 7.Т16 классов по шуму, локальной и общей вибрации, инфразвуку и воздушному ультразвуку.

В строку 9 «ЭМИ – электромагнитные излучения» заносится наивысший класс условий труда при действии ЭМИ (таблица 7.Т17), который определяется аналогично определению «химического фактора» по строке 1.

Данные для определения ЭМИ предоставляют специалисты-электрики и связисты, участвующие в разработке или эксплуатирующие технологический объект управления.

Строка 10 «ионизационные излучения» принимается по таблице 7.Т18.

По всей видимости, для общепромышленных ТОУ, эта строка заполнения не требует.

Прежде чем заполнить строку 11 «микроклимат», необходимо выполнить анализ условий труда по показателям микроклимата для производственных помещений и открытых территорий в теплый и в холодный период года по таблицам 7.Т19, 7.Т20 и 7.Т21 в зависимости от категории работ сотрудников.

Период года	Вид помещения	Территория	Таблица главы	Таблица «Пособия к СНиП»
теплый	любое	открытая	7.Т19	5.1, 5.1.1
холодный	отапливаемое	—	7.Т20	5.2
	неотапливаемое (холодное)	открытая	7.Т21	5.3

В теплый период года условия труда оцениваются либо по показателю WBGT-индекса либо по показателям ГОСТ 12.1.005–88.

Заметим, что показатели WBGT-индекса и показатели ГОСТ в численном выражении температуры воздуха отличаются на доли единицы.

Проводить расчет с использованием результатов измерений температуры, влажности воздуха, его скорости и теплового излучения (см. ниже) на стадии проектирования объекта невозможно или затруднено.

Поэтому при проектировании АСУТП следует использовать данные по ГОСТ 12.1.005–88, которые представят сопоставимые результаты при определении классов условий труда.

Для оценки оптимального и нагревающего микроклимата в помещении и на открытой территории используется интегральный показатель WBGT-индекс (международный стандарт ISO 7243) (таблица 7.Т19)

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме и/или в увеличении доли потерь тепла испарением пота (30%) в общей структуре теплового баланса.

WBGT-индекс – эмпирический интегральный показатель, отражающий сочетательное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового излучения на теплообмен с окружающей средой.

В таблице 7.Т19 приведены величины WBGT применительно к человеку, одетому в комплект легкой летней одежды с теплоизоляцией 0,5–0,6 кло, подвергающемуся действию теплового излучения 1200 Вт/м² и скорости движения воздуха ≤ 0,6 м/с (1 кло = 0,155 °С·м²/Вт).

Тепловое излучение, превышающее 1200 Вт/м², характеризует условия труда как вредные и опасные вне зависимости от величины WBGT-индекса.

Класс вредности и опасности условий труда определяется по наиболее выраженному показателю (WBGT-индекс или тепловое излучение). При воздействии на работающих двух факторов одной степени условия труда переводят в следующую степень вредности.

В холодный период года в отапливаемых помещениях при выполнении различных категорий работ (Ia + III по ГОСТ 12.1.005–88) класс условий труда определяется при температурах, указанных в таблице 7.Т20, которая соответствует таблице 5.2 приложения 3 «Пособия к СНиП 11–01–95». Естественно, можно задавать температуру воздуха, которую следует поддерживать в помещении в холодный период года, чтобы обеспечить требуемый (желаемый) класс и степень условий труда работающих.

Для открытых территорий и не отапливаемых помещений класс условий труда определяется в зависимости от климатической зоны по СНиП 2.01.01–82 по таблице 7.Т21, которая соответствует таблице 5.3 приложения 3 «Пособия к СНиП».

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма (превышение общей теплоотдачи организма в окружающую среду), приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме за счет снижения температуры «ядра» и/или «оболочки» тела (температура «ядра» и «оболочки» тела – соответственно температура глубоких и поверхностных слоев тканей организма).

При работе в помещениях с охлаждающим микроклиматом (таблица 7.Т20) работающие должны быть снабжены комплектом одежды, изготовленной в соответствии с требованиями ГОСТ ССБТ 12.4.084–80 и ГОСТ 12.4.088–80. С этой целью могут быть использованы также локальные источники тепла, направленные на сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма.

Параметры температуры воздуха, характеризующие условия труда на открытой территории в различных климатических зонах (поясах) в зимний период (таблица 7.Т21), приведены применительно к относительно спокойному воздуху, работникам одетым в спецодежду, изготовленную согласно ГОСТ ССБТ 12.4.084–80 и ГОСТ 12.4.088–80 с учетом выполнения работы средней тяжести и соответствующей регламентации времени непрерывного пребывания в охлаждающей среде. При воздействии ветра регламентируемая температура воздуха должна быть увеличена на 2,2 °С на каждый 1 м/с увеличения его скорости.

Определение WBGT-индекса (пояснение таблицы 7.Т19) производится следующим образом:

Температурный WBGT-индекс – эмпирический показатель, определяемый на основе показаний влажного и сухого термометров, размещаемых соответственно в естественных условиях и внутри зачерненного шара (шаровой термометр). Метод основан на оценке внешней тепловой нагрузки на организм человека с учетом сочетательного действия составляющих микроклимата – температуры, интенсивности теплового облучения, а также уровня метаболизма.

WBGT-индекс рассчитывают из уравнения:

– вне помещения при солнечной нагрузке (или в помещении при тепловом излучении):

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{\text{вн}} + 0,1 \cdot t_{\text{с}} + 0,2 \cdot I_{\text{с}}$$

– внутри помещения (при отсутствии теплового излучения) или снаружи без солнечной нагрузки:

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{\text{вл}} + 0,3 \cdot t_{\text{ш}},$$

где $t_{\text{вл}}$, $t_{\text{с}}$ и $t_{\text{ш}}$ — соответственно температура влажного, сухого и шарового термометрон.

Если параметры окружающей среды различаются в пространстве, то WBGT-индекс рекомендуется определять на уровне головы (г), живота (ж) и лодыжек (л):

$$WBGT = \frac{WBGT_{\text{г}} + 2WBGT_{\text{ж}} + WBGT_{\text{л}}}{4}.$$

Для быстрого определения WBGT-индекса достаточно одного измерения в точке максимального теплового воздействия. Если значение того или иного параметра, входящего в расчет WBGT, не постоянно во времени, определяется его среднесменная величина.

Приведенные нормативные величины WBGT обеспечивают различные уровни теплового состояния (оптимальное, допустимое, предельно допустимое с учетом продолжительности воздействия).

Таким образом, определяется класс уровня труда по трем таблицам 7.Т19, 7.Т20, 7.Т21, соответствующим факторам микроклимата в разные периоды года и в различных условиях.

Далее, по наибольшему классу этих таблиц находим общий фактор микроклимата.

При двух или более одинаковых факторах в таблицах переходят в следующий класс (степень) вредности.

Выявленный фактор вредности проставляется в строку 11 «микроклимат».

Строка 12 «освещенность» заполняется на основании фактора, определенного ранее описанным (строка 1) методом по таблице 7.Т22, которая соответствует таблице 6 приложения 3 «Пособия к СНиП».

Тяжесть труда классифицируется по таблице 7.Т23 по 7 основным показателям с учетом пола работающего (мужчина или женщина).

Оценка тяжести физического труда приводится на основе учета всех приведенных в таблице 7.Т23 показателей. При этом в начале следует определить класс по каждому измеренному показателю, а окончательная оценка тяжести труда устанавливается по наиболее чувствительному показателю, получившему наивысший класс. При наличии 3-х и более показателей, относящихся ко 2-му (допустимому) классу, тяжесть труда оценивается на одну ступень выше (класс 3.1). При наличии 2-х или более показателей 1-й либо 2-й степени 3-го класса вредности тяжесть труда оценивается на одну ступень выше (соответственно 3.2 и 3.3 классы). Эта оценка указывается в строке 13 «тяжесть труда» таблицы 7.Т13.

Показатели напряженности трудового процесса приведены в таблице 7.Т24.

Анализ по 16 показателям и определение по каждому из них класса условий труда для работников различных категорий с последующим подсчетом количества показателей каждого класса/степени позволит по таблице 7.Т25 осуществить общую оценку напряженности трудового процесса.

Напряженность трудового процесса оценивается по пяти (5) группам показателей:

- интеллектуальные нагрузки — 4 показателя;
- сенсорные нагрузки — 7 показателей;
- эмоциональные нагрузки — 1 показатель (степени риска для собственной жизни и за безопасность других лиц не учитываются);

— монотонность нагрузки — 2 показателя;

— режим работы — 2 показателя.

Итого 16 показателей, которые распределяются по классам 1, 2, 3.1, 3.2. Суммарное количество показателей каждого класса заносится в строки таблицы 7.Т25.

Нормативные данные таблицы сравниваются с суммой показателей классов 1 и 2 или 1, 2 и 3.1 и суммой показателей по классам 3.1 и 3.2 и соответственно выводится общая оценка напряженности трудового процесса (класс условий труда по напряженности — последняя графа таблицы 7.Т25).

Этот класс (оценка напряженности труда) заносится в строку 14 «напряженность труда» таблицы 7.Т13.

Итак, таблица 7.Т13 заполнена.

В каждой строке указан показатель (не более одного) в том или ином классе условий труда

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается:

— по наиболее высокому классу и степени вредности;

— в случае, если три или более факторов относятся к классу 3.1, то общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;

— при наличии двух или более факторов 3.2, 3.3, 3.4 условия труда оцениваются на одну степень выше.

Анализ показателей всех упомянутых в данном разделе таблиц поможет проектировщику систем автоматизации и АСУТП подготовить задания по определению численно-квалификационного состава оперативного, эксплуатационного и ремонтного персонала АСУТП, заданий по смежным частям проекта (помещения АСУТП и автоматизации, кабельные сооружения, закладные детали и т. д. и т. п.).

Приведенные по тексту ссылки на нормативные документы позволят проектировщику в случае необходимости более подробно ознакомиться с тем или иным интересующим его вопросом.

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

ГОСТ 12.0 003—74*	ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
ГОСТ 12.1.001—89	ССБТ Ультразвук. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.1.003—83	ССБТ Шум. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.1.004—91	ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.1.005—88	ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
ГОСТ 12.1.006—84	ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
ГОСТ 12.1.007—76	ССБТ. Вредные вещества.
ГОСТ 12.1.010—76	ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

- ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.1.018-93 Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
- ГОСТ 12.1.019-79 Электробезопасность. Общие требования и наименование видов защиты.
- ГОСТ 12.1.040-83 ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения.
- ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
- ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
- ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические.
- ГОСТ 12.2.063-81 Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности.
- ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
- ГОСТ 12.4.084-80 ССБТ. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Костюмы мужские. Технические условия.
- ГОСТ 12.4.088-80 ССБТ. Костюмы женские для защиты от пониженных температур. Технические условия.
- ГОСТ Р 51330.9-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.
- ГОСТ 21.501-93 Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей.
- ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.
- ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.
- ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.
- ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Методы испытаний на воспламеняемость.
- ГОСТ 30403-96 Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности.

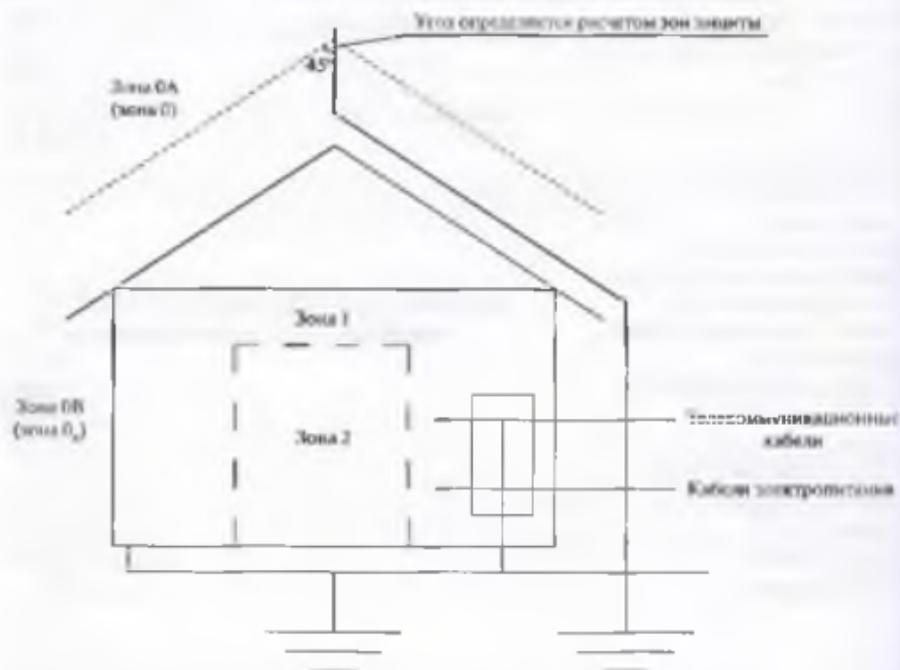
НПБ 88-2001	Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
НПБ 105-03	Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
ПБ 09-170-97	Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
ПБ 09-540-03	Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
ПУЭ	Правила устройства электроустановок (6 издание, 7 издание).
Р2.2.013-94	Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госсанэпиднадзор РФ
РД 34.21.122-87	Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
СанПиН 2.2.4.542-96	Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
Пособие к СНиП 11-01-95	Организация и условия труда работников. Управление производством и предприятием
ППБ 01-93*	Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
СНиП 2.01.01-82	Строительная климатология и геофизика.
СНиП 2.01.07-85*	Нагрузки и воздействия.
СНиП 2.04.01-85*	Внутренний водопровод и канализация зданий.
СНиП 2.04.05-91*	Отопление, вентиляция и кондиционирование.
СНиП 2.04.14-88	Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
СНиП 2.09.04-87*	Административные и бытовые здания.
СНиП 3.05.05-84	Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
СНиП 11-01-95	Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (не действует на территории РФ).
СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений.
СНиП 23-05-95	Естественное и искусственное освещение.

СНиП 31-03-2001	Производственные здания.
СНиП 31-04-2001	Складские здания.
СНиП II-89—80* (И-4-94)	Генеральные планы промышленных предприятий.
СО 153-34.21.122-2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

7.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Вещество	
– безопасное	7.2.5
– вредное	7.2.3
– малоопасное	7.2.5
– опасное	7.2.5
– особо опасное	7.2.5
– твердое	7.2.1
Газ	7.2.1
Жидкость	7.2.1
Заземлитель молниезащиты	7.4.7
Зона защиты	7.4.8
Зоны 0, 0е, I	7.4.5
Инструкция СО	7.4.8
Компьютерные программы	7.4.8
Микроклимат	
– нагревающий	7.5
– охлаждающий	7.5
Молниеотвод	7.4.5
Молния	
– вторичное проявление	7.4.3
– занос высокого потенциала	7.4.3
– прорыв	7.4.6
– прямой удар	7.4.3
Опасные факторы пожара	
– вторичные	7.3.5
– первичные	7.3.5
Паспорт безопасности вещества	7.2.6
Персонал АСУТП	
– оперативный	7.5
– ремонтный	7.5
– эксплуатационный	7.5
Поверхность слягивания	7.4.2

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов	7.4.2
Производственное помещение	7.2.4
Прочие зоны	7.4.8
Пыль	7.2.1
Рабочая зона	7.2.4
Рабочее место	
– непостоянное	7.2.4
– постоянное	7.2.4
Технолог-оператор АТК	7.5
Технологическая операция	7.3.1
Технологический блок	7.3.1
Уровень надежности защиты	7.4.8
Условия труда	7.1
Фактор производственный	
– биологический	7.2.4
– опасный и вредный	7.2.4
– психофизиологический	7.2.4
– температурный	7.5
– физический	7.2.4
– химический	7.2.4
WBGT индекс	7.5



Зона 0 и Зона 0_в указаны по инструкции СО 153-34 21.122-2003, а Зона 0А и Зона 0В указаны по МЭК.

Рис. 7.Р1. Разделение на зоны защиты

Таблица 7.Т1

Классификация веществ и материалов по их пожаровзрывобезопасности

Показатель пожаровзрывобезопасности ГОСТ 12.1.044	Агрегатное состояние			
	газ	жидкость	твердое вещество	пыль
2.1. Группа горючести	+	+	+	+
2.2. Температура вспышки	+	+	+	+
2.3. Температура воспламенения	+	+	+	+
2.4. Температура самовоспламенения	+	+	+	+
2.5. Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	+	+
2.6. Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	+	+
2.7. Температура тления	+	+	+	+
2.8. Условия теплового самовозгорания	+	+	+	+
2.9. Минимальная энергия зажигания	+	+	+	+
2.10. Кислородный индекс	+	+	+	+
2.11. Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
2.12. Нормальная скорость распространения пламени	+	+	+	+
2.13. Скорость выгорания	+	+	+	+
2.14. Коэффициент дымообразования	+	+	+	+
2.15. Индекс распространения пламени	+	+	+	+
2.16. Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	+	+	+	+
2.17. Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	+	+
2.18. Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	+	+
2.19. Максимальное давление взрыва	+	+	+	+
2.20. Скорость нарастания давления и взрыва	+	+	+	+

Таблица 7.72

Класс опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.007-76

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1—1,0	1,1—10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15—150	151—5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100—500	501—2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 500	500—5000	5001—50 000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300—30	29—3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0—18,0	18,1—54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0—5,0	4,9—2,5	Менее 2,5

Пояснения показателей опасности вредных веществ

Показатель	Пояснение
Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.007-76	Концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений
Средняя смертельная доза при введении в желудок	Доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок
Средняя смертельная концентрация в воздухе	Доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу	Доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей
Зона острого действия	Отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций
Зона хронического действия	Отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев

Таблица 7.Т3

**Классы и подклассы опасных и особо опасных веществ и материалов
(ГОСТ 19433-88 и ППБ 01-93*)**

Номер		Наименование подкласса	Показатели и критерии, характеризующие класс или подкласс
класс	подкласс		
1	1.1	Взрывчатые материалы с опасностью взрыва массой	
	1.2	Взрывчатые материалы, не взрывающиеся массой	
	1.3	Взрывчатые материалы пожароопасные, не взрывающиеся массой	
	1.4	Взрывчатые материалы, не представляющие значительной опасности	
	1.5	Очень нечувствительные взрывчатые материалы	
	1.6	Изделия чрезвычайно низкой чувствительности	
2	2.1	Газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением. Невоспламеняющиеся неядовитые газы	Вещества, абсолютное давление паров которых при температуре 50 °С не менее 300 кПа (3 кгс/см ²) или критическая температура которых менее 50 °С
	2.2	Ядовитые невоспламеняющиеся газы	Среднесмертельная (летальная) концентрация (ЛК) не превышает 5000 см ³ /м ³
	2.3	Воспламеняющиеся (горючие) газы	Неядовитые газы, образующие воспламеняющиеся смеси с воздухом
	2.4	Ядовитые и воспламеняющиеся газы	ЛК не более 5000 см ³ /м ³ . Образуют воспламеняющиеся смеси с воздухом
3		Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ)	Жидкости, температура вспышки ($t_{всп}$) которых не более 61 °С в закрытом тигле
	3.1		ЛВЖ с температурой вспышки ($t_{всп}$) менее -18 °С
	3.2		ЛВЖ с $t_{всп}$ не менее -18 °С, но менее +23 °С
	3.3		ЛВЖ с $t_{всп}$ не менее +23 °С, но не более +61 °С
4		Легковоспламеняющиеся твердые вещества (ЛВТ)	
	4.1	ЛВТ	

1) твердые вещества, способные воспламениться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией (пламя спички, искра, тлеющая сигарета и т. п.) и распространять пламя со скоростью > 2 мм/с (порошки > 1 мм/с);

Продолжение табл. 7.Т3

Номер		Наименование подкласса	Показатели и критерии, характеризующие класс или подкласс
Класс	Подкласс		
	4.2	Самовозгорающиеся твердые вещества	2) саморазлагающиеся вещества, т. е. склонные к экзотермическому разложению без доступа воздуха при температурах не более 65 °С; 3) воспламеняющиеся от трения
	4.3	Выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой. Окисляющие вещества (ОК) и органические пероксиды (ОП)	1) пирофорные вещества, т. е. быстро воспламеняющиеся на воздухе; 2) другие вещества, способные самопроизвольно нагреваться до самовозгорания Вещества, которые при температуре 20 ± 5 °С при взаимодействии с водой выделяют воспламеняющиеся газы с интенсивностью не менее 1 дм ³ /кг ч
5	5.1	Окисляющие вещества	Вещества, поддерживающие горение, вызывающие и (или) способствующие воспламенению веществ в результате экзотермической окислительно-восстановительной реакции, температура разложения которых не более 65 °С и (или) время горения смеси окислителя с органическим веществом (дубовыми опилками) не более времени горения смеси эталонного окислителя (персульфата аммония) с дубовыми опилками
	5.2	Органические пероксиды	Вещества, содержащие в своем составе функциональную группу $R - O - O - R$, могут <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \vdots \quad \vdots \\ \vdots \quad \vdots \end{array}$ </div> рассматриваться как производные пероксида водорода, у которых один или два атома водорода замещены органическими радикалами. Эти вещества термически неустойчивы, подвергаются самоускоряющемуся экзотермическому разложению с возможностью взрыва. Чувствительны к удару и трению
6	6.1	Ядовитые вещества	Способные вызывать отравление при вдыхании, попадании внутрь и (или) при контакте с кожей. Среднесмертельная (летальная) доза ЛД при введении в желудок жидкости до 500 мг/кг, твердого вещества до 200 мг/кг; ЛД при нанесении на кожу до 1000 мг/кг, ЛК при вдыхании пыли до 10 мг/дм ³ Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) не менее 0,2 мг/дм ³

Продолжение табл. 7.73

Номер		Наименование подкласса	Показатели и критерии, характеризующие класс или подкласс
класс	под-класс		
			КВНО равен отношению концентрации насыщенных паров ядовитого вещества при температуре 20 °С к значению среднесмертельной концентрации
8		Едкие и (или) коррозионные вещества	Вещества или их водные растворы, которые при непосредственном контакте вызывают видимый некроз тканей животных (белых крыс) за период не более 4 ч и (или) коррозионные вещества и их водные растворы, вызывающие коррозию стальной (сталь СТЗ) или алюминиевой (Аб) поверхности со скоростью не менее 6,25 мм в год при температуре 55 °С
	8.1	Едкие и (или) коррозионные вещества, обладающие кислотными свойствами и оказывающие некротизирующее действие на живую ткань и (или) коррозионное действие на металлы	
	8.2	Едкие и (или) коррозионные вещества, обладающие основными свойствами и оказывающие некротизирующее действие на живую ткань и (или) коррозионное действие на металлы	
	8.3	Разные едкие и (или) коррозионные вещества	Вещества, не отнесенные к подклассу 8.1 и 8.2, но оказывающие некротизирующее действие на живую ткань и (или) коррозионное действие на металлы
9	9.1	Прочие опасные вещества	Вещества, не отнесенные к классам 1-8: 1) жидкости с температурой вспышки более 61 °С, но не более 90 °С; 2) твердые вещества, воспламеняющиеся от действия (не менее 30 с), но не более 120 с газовой горелки; 3) вещества, которые в условиях специальных испытаний способны самонагреться до температуры более 200 °С за время не более 24 ч при температуре окружающей среды 140 °С; 4) вещества, которые при взаимодействии с водой выделяют воспламеняющиеся газы с интенсивностью более 0,5 дм ³ /кг·ч, но не менее 1 дм ³ /кг·ч;

Окончание табл. 7.ТЗ

Номер		Наименование подкласса	Показатели и критерии, характеризующие класс или подкласс
число	код-класс		
	9.2	Вещества, обладающие видами опасности, проявление которых представляет опасность при их хранении (транспортировании) навалом	<p>5) вещества, которые после начала их термического разложения в одном месте распространяют его на всю массу;</p> <p>6) ядовитые вещества, которые способны вызвать отравление при вдыхании паров или пыли, попадании внутрь и (или) при контакте с кожей и характеризующиеся одним из следующих показателей и критериев:</p> <p>ЛД — при введении в желудок для твердых веществ более 200 мг/кг, но не более 2000 мг/кг, для жидких веществ — более 500 мг/кг, но не более 2000 мг/кг;</p> <p>ЛД — при нанесении на кожу более 1000 мг/кг, но не более 2500 мг/кг;</p> <p>ЛК — при вдыхании более 10 мг/дм³, но не более 20 мг/дм³;</p> <p>7) едкие и коррозионные вещества, характеризующиеся следующими показателями и критериями: время контакта, вызывающее видимый некроз кожной ткани животных (белых крыс) — более 4 ч, но не более 24 ч; скорость коррозии стальной (марки СТЗ) или алюминиевой (марки А6) поверхности не менее 1 мм в год, но не более 6,25 мм в год</p> <p>1) горючие твердые вещества;</p> <p>2) вещества, способные выделять воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой;</p> <p>3) ядовитые вещества с ЛД при введении внутрь более 5000 мг/кг, или с ЛД при нанесении на кожу более 2500 мг/кг, но не более 5000 мг/кг, или с ЛК при вдыхании более 20 мг/дм³, но не более 75 мг/дм³;</p> <p>4) едкие и (или) коррозионные вещества, характеризующиеся временем контакта, вызывающим видимый некроз кожной ткани животных (белых крыс) более 24 ч, но не более 48 ч или скоростью коррозии стальной или алюминиевой поверхности не менее 0,35 мм в год, но не более 1 мм в год;</p> <p>5) вещества, снижающие содержание кислорода в помещении</p>

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха
в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005—81(91))

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		оптимальная	допустимая		допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*			
			верхняя граница							
			нижняя граница							
на рабочих местах										
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Холодный	Легкая — Ia	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая — Ib	21—23	24	25	20	17	40—60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести — IIa	18—20	23	24	17	15	40—60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести — IIб	17—19	21	23	15	13	40—60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая — III	16—18	19		13	12	40—60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая — Ia	23—25	28	30	22	20	40—60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1—0,2
	Легкая — Ib	22—24	28	30	21	19	40—60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1—0,3
	Средней тяжести — IIa	21—23	27	29	18	17	40—60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2—0,4
	Средней тяжести — IIб	20—22	27	29	16	15	40—60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2—0,5
	Тяжелая — III	18—20	26	28	15	13	40—60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2—0,6

* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая — минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполицией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с — при легкой работе и ниже 0,2 м/с — при работе средней тяжести и тяжелой.

Таблица 7.75

**Категории работ по уровню энергозатрат и периоды года
по ГОСТ 12.1.005-81(91)**

Термин	Определение
Холодный период года	Период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже
Теплый период года	Период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Среднесуточная температура наружного воздуха	Средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы
Категория работ	Разграничение работ по тяжести на основе общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). <i>Примечание.</i> Характеристику производственных помещений по категориям выполняемых в них работ в зависимости от затраты энергии следует производить в соответствии с ведомственными нормативными документами, согласованными в установленном порядке, исходя из категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении
Легкие физические работы (категория I)	Виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал (174 Вт). Легкие физические работы разделяются на: – категорию Ia – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт); – категорию Ib – энергозатраты 121–150 ккал/ч (140–174 Вт). К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.). К категории Ib относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.)
Средней тяжести физические работы (категория II)	Виды деятельности с расходом энергии в пределах 151–250 ккал/ч (175–290 Вт). Средней тяжести физические работы разделяют на: – категорию IIa – энергозатраты от 151 до 200 ккал/ч (175–232 Вт); – категорию IIб – энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233–290 Вт). К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.). К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.)

Окончание табл. 7.75

Термин	Определение
Тяжелые физические работы (категория III)	Виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт). К категории III относятся работы, связанные с постоянными перемещениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.)

Таблица 7.Т6

**Пороговое количество веществ для технологических производств
(ГОСТ Р 12.3.047-98)**

Наименование веществ или групп веществ	Категория опасности по ГОСТ 19433	Пороговое количество вещества, т, не менее
Газы горючие сжатые, сжиженные и растворенные под давлением		
Ацетилен C_2H_2	231	50
Водород H_2	231	50
Сернистый водород H_2S	241	50
Оксид этилена (CH_2O)	241	50
Аммиак NH_3	241	500
Все остальные сжатые, сжиженные и растворенные под давлением горючие газы	231, 232, 241, 911	200
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости		
Оксид пропилена C_3H_4O	311	50
Все остальные легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	311, 312, 321, 322, 324, 325, 335, 314, 315, 323, 331	200
Твердые вещества		
Саморазлагающиеся вещества	415, 416, 417, 418, 521, 522, 523	10
Окисляющие вещества		
Кислород жидкий O_2	212	2000
Нитрат аммония NH_4NO_3	511	5000
Хлорат натрия $NaClO_3$	511	250
Пероксид метилэтилкетона (концентрация более 60%)	523	250
Пероксид метилизобутилкетона (концентрация более 60%)	523	50
Надкусная кислота (концентрация более 60%) CH_3COOH	522	50
Хлор Cl_2	222	50
Бром Br_2	832	500
Оксиды азота N_2O , N_2O_2	512	50

Примечания:

1. Наименования классов (подклассов) опасных веществ приведены в соответствии с ГОСТ 19433.

2. Пороговые количества опасных веществ, относящихся по ГОСТ 19433 к категориям 434 и 437 (самовозгорающиеся твердые вещества), классу 8 (едкие и коррозионно-активные вещества), категориям 436 и 438 (твердые легковоспламеняющиеся вещества), категориям 425, 913 и 921 (вещества, горючие газы при взаимодействии с водой), должны согласовываться со специально уполномоченными государственными органами по безопасности в промышленности.

3. При совместном использовании несовместимых по ГОСТ 12.1.004 веществ их пороговое количество должно быть согласовано со специально уполномоченными государственными органами по безопасности в промышленности.

Таблица 7.Т7

Показатели категорий взрывоопасности технологических блоков

Категория взрывоопасности	Q	$W, кг$
I	> 37	> 5000
II	27-37	2000-5000
III	< 27	< 2000

Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, наружных установок по пожарной опасности (НПБ 105–03)

Категория	Помещения		Наружные установки	
	Критерии	Критерии определения категории	Критерии	Категория
А		Присутствие (хранение, переработка, транспортирование) горючих газов, легко воспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки не более 28 °С, веществ и/или материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом		А-н
		Количество вещества таково, что может образовать взрывоопасные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа	Вещества только горят	
Б		Присутствие (хранение, переработка, транспортирование) горючих пылей и/или волокон; легко воспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки более 28 °С; горючих жидкостей		Б-н
		Количество вещества таково, что может образовать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа	Вещества горят	
В1–В4*		Присутствие (хранение, переработка, транспортирование) горючих и/или трудногорючих жидкостей, твердых горючих и/или трудногорючих веществ и/или в том числе (пыль и/или волокно); веществ и/или материалов, способных при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом только гореть		В-н
		Не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории А или Б	Не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории А-н или Б-н	
Г		Присутствие (хранение, переработка, транспортирование) негорючих веществ и/или материалов в горячем, раскаленном и/или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени, а также горючих газов, жидкостей и/или твердых веществ, которые утилизируются в качестве топлива		Г-н
Д		Присутствие (хранение, переработка, транспортирование) в основном негорючих веществ и/или материалов в холодном состоянии, если по перечисленным выше критериям установка не относится к более высоким (А, Б, В, Г) категориям		Д-н

* В1 ÷ В4 — категории определяются по удельной пожарной нагрузке на участке по пп. 3.1.9 и 3.20 НПБ 105–05

В1: $q > 2200 \text{ МДжм}^{-2}$; В2: $1401 < q < 2200 \text{ МДжм}^{-2}$; В3: $181 < q < 1400 \text{ МДжм}^{-2}$; В4: $1 < q < 180 \text{ МДжм}^{-2}$

направление определения категории

направление определения категории

Группы помещений (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от их функционального назначения и пожарной нагрузки сгораемых материалов по НПБ 88-2001

Группы помещений	Перечень характерных помещений, производств и технологических процессов
1	Помещения книгохранилищ, библиотек, цирков, хранения сгораемых музейных ценностей, фондохранилищ, музеев и выставок, картинных галерей, концертных и киноконцертных залов, ЭВМ, магазинов, зданий управлений, гостиниц, больницы
2	Помещения деревообрабатывающего, текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного, табачного, обувного, кожевенного, мехового, целлюлозно-бумажного и печатного производств; окрасочных, пропиточных, малярных, смесеприготовительных, обезжиривания, консервации и расконсервации, промывки деталей с применением ЛВЖ и ГЖ; производства ваты, искусственных и пленочных материалов; швейной промышленности; производства с применением резинотехнических изделий; предприятий по обслуживанию автомобилей; гаражи и стоянки, помещения категории В3 (пожарная нагрузка 181—1400 МДж/м ²)
3	Помещения для производства резинотехнических изделий
4.1	Помещения для производства горючих натуральных и синтетических волокон, окрасочные и сушильные камеры, участки открытой окраски и сушки; краскоприготовительных, лакоприготовительных, клееприготовительных с применением ЛВЖ и ГЖ, помещения категории В2 (пожарная нагрузка 1400—2200 МДж/м ²)
4.2	Машинные залы компрессорных станций, станций регенерации, гидрирования, экстракции и помещения других производств, перерабатывающих горючие газы, бензин, спирты, эфиры и другие ЛВЖ и ГЖ, помещения категории В1 (пожарная нагрузка более 2200 МДж/м ²)
5	Склады негорюемых материалов в сгораемой упаковке. Склады трудногорюемых материалов
6	Склады твердых сгораемых материалов, в том числе резины, РТИ, каучука, смолы
7	Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ

Примечания:

1. Группы помещений определены по их функциональному назначению. В тех случаях, когда невозможно подобрать аналогичные производства, группу следует определять по категории помещения.
2. Категория помещений определяется в зависимости от пожарной нагрузки по НПБ 105-03.
3. Пожарная нагрузка определяется в соответствии с рекомендуемым приложением 4.
4. Параметры установок водяного и пенного пожаротушения для складских помещений, встроженных в здания, помещения которых относятся к 1-й группе, следует принимать по 2-й группе помещений

Таблица 7.Т10

Зависимость плотности ударов молний от продолжительности гроз

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю, и, 1/км ² год
10-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	5,5
80-100	7
Свыше 100	8,5

Таблица 7.Т11

Категория и зоны молниезащиты

№ п/п	Здания и сооружения	местоположения	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниезащителов	Категория молниезащиты	Подраздел классификация зданий и сооружений по СНиП 21-01-97
1	2	3	4	5	6
1	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-I и В-II	На всей территории России	Зона А	I	Ф 5.1
2	То же классов В-Ia, В-Iб, В-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N > 1$ – зона А; при $N \leq 1$ – зона Б	II	Ф 5.1
3	Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	На всей территории России	Зона Б	II	
4	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Для зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III-V степеней огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ – зона Б, при $N > 2$ – зона А	III	Ф 5.1
5	Расположенные в сельской местности небольшие строения III-V степеней огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более при $N < 0,02$	—	III (п. 2.30 РД)	Ф 5.3
6	Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-III	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $0,1 < N \leq 2$ – зона Б, при $N > 2$ – зона А	III	Ф 5.2

Продолжение табл. 7.Т11

1	2	3	4	5	6
7	Здания и сооружения III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	То же	При $0,1 < N < 2$ – зона Б, при $N > 2$ – зона А	III	Ф 3
8	Здания и сооружения из легких металлических конструкций со сгораемым утеплителем (IVа степени огнестойкости), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При $0,02 < N < 2$ – зона Б, при $N > 2$ – зона А	III	Ф 3
9	Небольшие строения III–V степеней огнестойкости, расположенные в сельской местности, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более для III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости при $N < 0,1$, для IVа степени огнестойкости при $N < 0,02$	–	III (п. 2.30 РД)	Ф 5.3
10	Здания вычислительных центров, в том числе расположенные в городской застройке	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Зона Б	II	Ф 4.3
11	Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения III–V степеней огнестойкости: для крупного рогатого скота и свиней на 100 голов и более, для овец на 500 голов и более, для птицы на 1000 голов и более, для лошадей на 40 голов и более	В местностях со средней продолжительностью гроз 40 ч в год и более	Зона Б	III	Ф 5.3
12	Дымовые и прочие трубы предприятий и котельных, башни и вышки асех назначений высотой 15 м и более	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	–	III (п. 2.31 РД)	Ф 5.1 Ф 5.3

Окончание табл. 7.Т11

1	2	3	4	5	6
13	Жилые и общественные здания, высота которых более чем на 25 м превышает среднюю высоту окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Зона Б	III	Ф 1.2 Ф 1.3 Ф 1.4 Ф 3
14	Отдельно стоящие жилые и общественные здания в сельской местности высотой более 30 м	То же	Зона Б	III	Ф 5.3
15	Общественные здания III-V степеней огнестойкости следующего назначения: детские дошкольные учреждения, школы и школы-интернаты, стационары лечебных учреждений, спальные корпуса и столовые учреждений здравоохранения и отдыха, культурно-просветительные и зрелищные учреждения, административные здания, вокзалы, гостиницы, мотели и кемпинги	То же	Зона Б	III	Ф 1.1 Ф 4.1 Ф 2.1 Ф 2.2 Ф 1.2
16	Открытые зрелищные учреждения (зрительные залы открытых кинотеатров, трибуны открытых стадионов и т. п.)	То же	Зона Б	III	Ф 2.3 Ф 2.4
17	Здания и сооружения, являющиеся памятниками истории, архитектуры и культуры (скульптуры, обелиски и т. п.)	То же	Зона Б	III	Ф 2.1 Ф 2.2

Таблица 7.Т1а

Применение молниезащитных конструкций для зданий и сооружений, наружных установок по категориям молниезащиты

Вид сооружения	Категория молниезащиты	Воздействие молнии			Конструкции молниезащиты					Зависимость молниезащиты от № количества параметров
		Прямой удар	Вторичное воздействие	Земное потенциалы	Стержневой		Гросовой		Сетка	
					Отдельно стоящий	Совмещенный	Отдельно стоящий	Совмещенный		
Здания и сооружения	I	+	+	+	A	-	A	-	-	A
	II	+	+	+	+	+	+	+	+	$N > 1 : A$ $N \leq 1 : B$
	III	+		+	+A B	+A B	+A B	+A B	+	$N > 2 : A$ $N \leq 2 : B$
Наружные	II	+	+	-	+B	+B	+B	+B	-	B
	III	+	-	-	+A B	+A B	+A B	+A B	-	$N \leq 2 : B$ $N > 1 : A$

Таблица 7.Т116

Классы объектов по опасности удара молнии

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычные объекты	Жилой дом	Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом
	Ферма	Первоначально – пожар и занос опасного напряжения, затем – потеря электропитания с риском гибели животных из-за отказа электронной системы управления вентиляцией, подачи корма и т. д.
	Театр; школа; универсам; спортивное сооружение	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий
	Банк; страховая компания; коммерческий офис	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбоя компьютеров с потерей данных
	Больница; детский сад; дом престарелых	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбоя компьютеров с потерей данных. Наличие тяжелобольных и необходимость помощи неподвижным людям
	Промышленные предприятия	Дополнительные последствия, зависящие от условий производства, – от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции
	Музеи и археологические памятники	Невосполнимы потеря культурных ценностей
Специальные объекты с ограниченной опасностью	Средства связи; электростанции; пожароопасные производства	Неспустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенно опасность пожара для соседних объектов
Специальные объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения	Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков	Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости
Специальные объекты, опасные для экологии	Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории	Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды

Таблица 7.Т11в

Уровни защиты от прямого удара молнии

Уровни защиты	Надежность защиты от ПУМ
Обычные объекты	
IV	0,80
III	0,90
II	0,95
I	0,98
Специальные объекты	
Минимальный от степени значимости и последствий	0,9+0,999

Таблица 7.Т12

Оборудование помещений согласно классификации производственных процессов по СНиП 2.09.04-87*

Группа производственных процессов	Санитарная характеристика при производственных процессах (признаки загрязнения тела и спецодежды)	Расчетное количество человек на		Тип гардеробных, количество отделений (отделений или в шкафу) на 1 человека	Специальная обработка одежды
		1 душевую ванну	1 кран		
1	2	3	4	5	6
1	Процессы, вызывающие загрязнение тела и спецодежды веществами 3 и 4 класса опасности:				
1а	вызывающие загрязнение только рук	25	7	общие 1 отделение	
1б	вызывающие загрязнение тела и спецодежды, удаляемые без применения специализированных моющих средств	15	10	общие 1 отделение	
1в	вызывающие загрязнение тела и спецодежды особо загрязняющими веществами, удаляемые с применением моющих средств	3	20	раздельные 2 отделения	химчистка спецодежды
2	Процессы, протекающие при избытке явного тепла или неблагоприятных метеорологических условиях (выходящих за пределы санитарных норм):				

Окончание табл. 7.Т12

1	2	3	4	5	6
2а	при избытке явного конвекционного тепла	7	20	раздельные 2 отделения	помещения для охлаждения
2б	при избытке явного лучистого тепла	3	20	раздельные 2 отделения	помещения для охлаждения, полудуши
2в	связанные с воздействием влаги, вызывающие намокание спецодежды и обуви	5	20	раздельные 2 отделения	сушка спецодежды и обуви
2г	при температуре воздуха 10 °С и ниже, включая работы на открытом воздухе	5	20	раздельные 2 отделения	помещения для обогрева, сушка спецодежды и обуви
3	Процессы, вызывающие загрязнение тела и спецодежды веществами I и II классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом:				
3а	вызывающие загрязнение, как правило, только рук	7	10	общие 2 отделения	химчистка
3б	вызывающие загрязнения тела и спецодежды	3	10	раздельные 2 отделения	обезвреживание (в необходимых случаях дезодорация), искусственная вентиляция мест хранения спецодежды
4	При производственных процессах с особыми санитарными или технологическими требованиями к качеству продукции требования к организации хранения спецодежды, а также к обработке спецодежды и тела перед началом работы, должны устанавливаться в ведомственных нормах				

Классы опасности вредных веществ определены в ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества».

Таблица 7.Т13

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности

№ стро-ка	Таблица класса условий труда	Фактор		Классы условий труда						
				I класс оптимальный	II класс допустимый	III класс - вредный				IV класс опасный
						1 степень 3.1	2 степень 3.2	3 степень 3.3	4 степень 3.4	
1	7.Т14	Химический								
2	7.Т15	Биологический								
3	7.Т14	Физи-ческий	Аэрозоли-ф*							
4	7.Т16		Шум							
5	7.Т16		Вибрация локальная							
6	7.Т16		Вибрация общая							
7	7.Т16		Инфразвук							
8	7.Т16		Ультразвук							
9	7.Т17		ЭМИ**							
10	7.Т17		Ионизирующие излучения							
11	7.Т19 + 7.Т21		Микроклимат							
12	7.Т22		Освещенность							
13	7.Т23	Тяжесть труда								
14	7.Т24	Напряженность труда								
15	7.Т13	Общая оценка условий труда								

* преимущественно фиброгенного действия;

** электромагнитные излучения.

Таблица 7.Т14

**Классы условий труда в зависимости от содержания вредных веществ
в воздухе рабочей зоны (превышение ПДК, раз)**

Вредные вещества*	Класс условий труда					Опасный (экстремальный) 4
	Допустимый 2	Вредный – 3				
		1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Вредные вещества, за исключением перечисленных ниже	≤ ПДК	1,1–3	3,1–6	6,1–10	10,1–20	> 20
Вещества с остронаправленным механизмом действия. Вещества раздражающего действия	< ПДК	1.1–2	2.1–4	4.1–6	6,1–10	> 10**
Аллергены	≤ ПДК		1,1–3	3,1–10	> 10	
Канцерогены	≤ ПДК	1,1–3	3,1–6	6,1–1	> 10	
Металлы, оксиды металлов	≤ ПДК			10,1–20	20	
Противоопухолевые лекарственные средства, гормоны (астрогены)***					****	
Наркотические анальгетики****			****			
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	≤ ПДК	1,1–2	2,1–5	5,1–10	> 10	

* В соответствии с перечнем «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и дополнениями к нему. ГОСТом 12.1.005 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», «Перечнем веществ, продуктов, производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека».

** Превышение указанного уровня для веществ с остронаправленным механизмом действия может привести к острому смертельному отравлению.

*** Вещества, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утвержденными методами (в соответствии с перечнем «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и дополнениями к нему).

**** Работа с указанными веществами при их производстве, в также в онкологических диспансерах и подразделениях дает право отнесения условий труда к данному классу.

Таблица 7.Т15

Классы условий труда при работе с биологическим фактором

Вредные вещества*		Класс условий труда					Опасный (смертельный) 4
		Допустимый 2	Вредный - 3				
			1 степень 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Патогенные микроорганизмы	особо опасные инфекции	≤ ПДК	1,1-3	3,1-10	> 10		
	возбудители других инфекционных заболеваний						
Микроорганизмы-продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов; (превышение ПДК, раз)							
Белковые препараты (превышение ПДК, раз)		≤ ПДК	-	1,1-2	2,1-10	> 10	

* Работа в специализированных медицинских, ветеринарных учреждениях и подразделениях, специализированных хозяйствах для больных животных, в лабораториях, в учреждениях, связанных с увеличением заболеваемости.

Таблица 7.Т16

Классы условий труда в зависимости от уровня шума и вибрации рабочих мест

Фактор	Класс условия труда					
	Допустимый 2	Вредный – 3				Опасный (экстремальный) 4
		1 степень 3.1	2 степень 3.2	3 степе- ни 3.3	4 степе- ни 3.4	
превышение ПДУ до:						
Шум (эквивалентный уровень звука, дБА)	ПДУ ¹	10	25	40	50	> 50
Вибрация локальная (эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, дБ) ²	≤ ПДУ ²	3	6	9	12	> 12
Вибрация общая (эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, дБ)	ПДУ ¹	6	12	18	24	> 24
Инфразвук (общий уровень звукового давления, дБ Лин)	≤ ПДУ ⁴	> ПДУ				
Ультразвук воздушный (уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот)	≤ ПДУ ³	> ПДУ				
Ультразвук контактный (виброскорость, м/сек; логарифмический уровень виброскорости, дБ; интенсивность, Вт/см ²)	≤ ПДУ ³	> ПДУ				

¹ В соответствии с «Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах».

² В соответствии с «Санитарными нормами и правилами при работе с машинами и оборудованием, создающим локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих».

³ В соответствии с «Санитарными нормами вибрации рабочих мест».

⁴ В соответствии с «Гигиеническими нормами инфразвука на рабочих местах».

⁵ В соответствии с ГОСТ 12.1.001 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности».

⁶ Сочетание локальной вибрации с охлаждающим микроклиматом и/или статическим напряжением вызывает класс условий труда на единицу.

Таблица 7.Т17

**Классы условий труда при действии электромагнитных излучений
(превышение ПДУ, раз)**

Фактор	Класс условий труда					Опасный ⁶ (экстремальный) ⁴ 4
	Допустимый 2	Вредные – 3				
		1 степень 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Постоянное магнитное поле ¹	≤ ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
Электростатические поле ²	≤ ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц) ³	< ПДУ (для всего рабочего дня)	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) ⁴	ПДУ (для всего рабочего дня)	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона: ⁵						
0,01–3 МГц	< ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
3–30 МГц	≤ ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
30–300 МГц	≤ ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–8	8,1–10	> 10 ⁶
300 МГц–300 ГГц	≤ ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–8	8,1–10	> 10 ⁶
Лазерное излучение ⁷		> ПДУ ₁				
	≤ ПДУ ₁ (для хронического воздействия)	≤ ПДУ ₁ (для однократного воздействия)	1,1–3 ПДУ ₁	3,1–6 ПДУ ₂	6,1–10 ПДУ ₂	> 10 ПДУ ₁

¹ В соответствии с «Предельно допустимыми уровнями воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами и материалами».

² В соответствии с ГОСТ 12.1.045 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

³ В соответствии с «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)».

⁴ В соответствии с «Предельно допустимыми уровнями магнитных полей частотой 50 Гц».

⁵ В соответствии с ГОСТ 12.1.006 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», «ПДУ воздействия электромагнитных полей диапазона частот 10–60 кГц».

⁶ Для ПДУ при времени воздействия равному или менее 0,2 часа.

⁷ В соответствии с «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров».

Примечание. Для лиц, работающих в экранированных (при снижении естественного электромагнитного поля Земли) и особо чистых помещениях, класс условий труда устанавливается в соответствии с уровнями всех имеющихся факторов среды и трудового процесса, увеличивая на одну степень степень вредности.

Таблица 7.Т18

**Классы условий труда при действии ионизирующих излучений
(в частях от ПДД)***

Класс условия труда						
Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный – 3				Опасный (экстремальный) 4
		1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
	0,1	0,11–0,2	0,21–0,5	0,51–1,0	>1	

* В соответствии с Нормами радиационной безопасности ПДД — основной дозовый предел для категории А облучаемых лиц, т. е. лиц, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений. ПДД гарантирует предупреждение возникновения детерминированных эффектов (лучевая болезнь, лучевая катаракта и др.), но остается высокий риск возникновения злокачественных новообразований и обусловленное этим сокращение продолжительности жизни.

Классы условий труда по показателям микроклимата (ГОСТ 12.1.005-88)
и по показателю WBGT-индекса для производственных помещений и открытых территорий в теплый период года

Категория работ		Общие затраты Вт/м ²	Вид документа	Показатель или фактор	Единица измерения	Класс труда						
						Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный - 3				Опасный (экстремальный) 4
№	Наименование			1 степени 3.1	2 степени 3.2			3 степени 3.3	4 степени 3.4			
Ia	Легкая	58-77 (68)	WBGT	Температура	-	21,0-23,4	23,5-25,4	25,5-26,6	26,7-27,4	27,5-28,6	28,7-31,0	> 31,0
				Влажность								
				Скорость движения воздуха								
			ГОСТ	Температура	°С	23-25			28	30		
				Влажность	%	40-60			55			
	Скорость движения воздуха	м/с	0,1-0,2 в помещении									
Iб	Легкая	78-97 (88)	WBGT	Температура	-	20,2-22,8	22,9-25,8	25,9-26,1	26,2-26,9	27,0-27,9	28,0-30,3	> 30,3
				Влажность								
				Скорость движения воздуха								
			ГОСТ	Температура	°С	22-24			28	30		
				Влажность	%	40-60			60			
	Скорость движения воздуха	м/с	0,2 (0,1-0,3)									
IIa	Средней тяжести	98-129 (113)	WBGT	Температура	-	19,2-21,9	22,0-25,1	25,2-25,5	25,6-26,2	26,3-27,3	27,4-29,9	> 29,9

				Влажность									
				Скорость движения воздуха									
			ГОСТ	Температура	°С	21–23			27	29			
				Влажность	%	40–60			70				
				Скорость движения воздуха	м/с	0,3 (0,1–0,4)							
IIб	Средней тяжести	145 (130–160)	WBGT	Температура	–	18,2–20,9	21,0– 23,9	24,0– 24,2	24,3– 25,0	25,1– 26,4	26,5– 29,1	> 29,1	
				Влажность									
				Скорость движения воздуха									
			ГОСТ	Температура	°С	20–22					27	29	
				Влажность	%	40–60					70		
				Скорость движения воздуха	м/с	0,3 (0,1–0,5)							
III	Тяжелая	177 (161–193)	WBGT	Температура	–	17,0–18,9	19,0– 21,8	21,9– 22,2	22,3– 23,4	23,5– 25,7	25,8– 27,9	> 27,9	
				Влажность									
				Скорость движения воздуха									
			ГОСТ	Температура	°С	18–20					26	28	
				Влажность	%	40–60					75		
				Скорость движения воздуха	м/с								
	Тепловое излучение	–		Вт/м ²			1201– 1500	1501– 2000	2001– 2500	2501– 3500	> 3500		

Таблица 7.Т20

**Классы условий труда по показателям микроклимата
для производственных помещений в холодный период года**

Показатель микроклимата		Класс условий труда						
		Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный — 3				Опасный (критический) 4
				1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Температура воздуха, °С (нижняя граница)								
Категория работ*	Общие энергозатраты, Вт/м ²							
Ia	58—77	24—22	22—20	20—18	18—16	16—14	14—12	
Iб	78—97	23—21	21—19	19—17	17—15	15—13	13—11	
IIa	98—120	20—18	18—16	16—14	14—12	12—10	10—8	
IIб	130—160	19—17	17—15	15—13	13—11	11—9	9—7	
III	161—193	18—16	16—14	14—12	12—10	10—8	8—6	
Влажность воздуха, %		40—60	75	Требования отсутствуют, см. Примечание				
Скорость движения воздуха, м/с		По таблице 7.Т4						
* по ГОСТ 12.1.005 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».								
** «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений».								

Примечание. При увеличении скорости движения воздуха на 0,1 м/с от оптимальной по СН, температура воздуха должна быть увеличена на 0,2 °С.

Таблица 7.Т21

Классы условий труда по показателям микроклимата для открытых территорий в холодный период года (зима) и в холодных помещениях*

Показатель	Класс условия труда					
	Допустимый 2	Вредный (нижняя граница)**				Опасный (экстремальный) 4
		1 степень 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Температура воздуха, °С***						
Климатические зоны						
Ia	-30,0	-36,0	-38,5	-40,8	-60	< -60
Iб	-38,0	-46,2	-48,9	-54,4	-70	< -70
II	-23,0	-29,4	-31,5	-35,7	-48	< -48
III	-15,9	-21,3	-23,0	-26,0	-37	< -37

* При использовании одежды с соответствующей теплоизоляцией (I, °С, м/Вт: 0,71 (Ia); 0,82 (Iб); 0,61 (II), 0,51 (III))

** Приведенные значения температуры воздуха применительно к разным классам не исключают регламентацию времени пребывания в неблагоприятном микроклимате (суммарное за рабочее время и непрерывное).

*** Указанная температура относительно спокойного воздуха: при ветре она должна быть увеличена на 2,2 °С на каждый 1 м/с. При температуре воздуха -50 °С и ниже обязательна защита органов дыхания.

Таблица 7.Т22

**Классы условий труда в зависимости от параметров световой среды
производственных помещений (для постоянных рабочих мест)**

Показатель	Класс условий труда					
	Допустимый 2	Вредный (нижняя граница)**				Опасный (критерийный) 4
		1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Естественное освещение (KEO , %)	норма ¹	Недостаточное	Отсутствует			
Освещенность рабочей поверхности (E , лк)	норма ¹	$0,5 E_n - E_n^2$	$< 0,5 E_n$			
Слепящая блескость источников света (показатель ослепленности, P , отн. ед.)	норма ¹	$P > P_n^3$				
Отраженная слепящая блескость	отсутствие	наличие				
Пульсация освещенности (коэффициент пульсации, K_p , %)	норма ¹	$K_n > K_{pn}^4$				
Ультрафиолетовая радиация (облученность, $E_{\text{УФ}}$, Вт/м ²)	норма ⁵	$E_{\text{УФ}} > E_{\text{УФн}}^6$				

** См. с. 311 в табл. Т21.

¹ В соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

² E_n — нормированное значение освещенности.

³ P_n — нормированный показатель освещенности.

⁴ K_{pn} — нормированное значение коэффициента пульсации.

⁵ В соответствии с «Санитарными нормами ультрафиолетового излучения в производственных помещениях».

⁶ $E_{\text{УФн}}$ — нормированное значение ультрафиолетовой облученности.

Показатели KEO , E , P , K_p нормируются по таблицам 1 и К.1 (приложение К) СНиП 23-05-95 для различных помещений (в том числе помещений, в которых функционирует персонал АСУТП) и различных разрядов/подразрядов зрительных работ.

Таблица 7.Т23

Классы условия труда по показателям тяжести трудового процесса

№ п/п	Показатели тяжести трудового процесса	Класс условия труда					
		Оптимальный (легкая физическая нагрузка) 1	Допустимый (средняя физическая нагрузка) 2	Вредный (тяжелый труд)			
				1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	
1	2	3	4	5	6	7	
1.	Физическая динамическая нагрузка, выраженная в единицах внешней механической работы за смену, кгс. м.						
1.1	При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i>	до 2500 до 1500	до 5000 до 3000	до 7000 до 4000	до 9000 до 5500	более 9000 более 5500	
1.2	При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног). – при перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i> – при перемещении груза на расстояние более 5 м <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i>	до 12 500 до 7500 1 до 24 000 до 14 000	до 25 000 до 15 000 1 до 46 000 до 28 000	до 35 000 до 25 000 1 до 70 000 до 40 000	до 45 000 до 27 000 1 до 90 000 до 55 000	более 45 000 более 27 000 1 более 90 000 более 55 000	
2.	Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг						

Продолжение табл. 7.Т23

1	2	3	4	5	6	7
2.1.	Подъем и перемещение (разовое) тяжестей при чередовании с другой работой (до двух раз в час) <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i>	до 15 до 5	до 30 до 10	более 30 более 10		
2.2	Подъем и перемещение (разовое) тяжестей постоянно в течение рабочей смены <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i>	до 5 до 3	до 15 до 7	до 30 более 7	более 30	
2.3.	Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены — с рабочей поверхности <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i> — с пояса <i>для мужчин</i> <i>для женщин</i>	— — — —	до 870 до 350 до 435 до 175	более 870 более 350 более 435 более 175		
3.	Стереотипные рабочие движения (количество за смену)					
3.1.	При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук) При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук плечевого пояса)	по 20 000 до 10 000	до 40 000 до 20 000	до 60 000 до 30 000	более 60 000 более 30 000	
4.	Статическая нагрузка* Величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кгс — одной рукой	до 18 000	до 36 000	до 70 000	более 70 000	

Окончание табл. 7.Т23

1	2	3	4	5	6	7
	– двумя руками	до 36 000	до 70 000	до 140 000	более 140 000	
	– с участием мышц корпуса и ног	до 43 000	до 100 000	до 200 000	более 200 000	
5.	Рабочая поза	Свободная, удобная поза (смена позы «сидя-стоя» по усмотрению работника)	Периодическое нахождение в неудобной фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга) до 25% времени смены	Периодическое нахождение в неудобной фиксированной позе до 50% времени смены, пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25% времени смены	Нахождение в неудобной фиксированной позе более 50% времени смены; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25% времени смены	
6.	Наклоны корпуса (количество) за смену	до 50 раз за смену	Вынужденные наклоны под углом более 30° 51–100 раз за смену	Вынужденные наклоны под углом более 30° 101–300 раз за смену	Вынужденные наклоны под углом более 30° свыше 300 раз за смену	
7.	Перемещение в пространстве (переходы, обусловленные технологическим процессом в течение смены), км	до 4	до 10	до 15	более 15	

⁴ только для мужчин; для женщин следует принимать значения на 40% ниже указанных.

Таблица 7.Т24

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса

№ в/в	Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда				
		Оптимальный – напряженность труда легкой степени 1	Допустимый – напряженность труда средней степени 2	Напряженный труд		
				1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3
1	2	3	4	5	6	7
1.	Интеллектуальные нагрузки					
1.1.	Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решений	Решение простых альтернативных задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения сложных задач при отсутствии алгоритма	
1.2.	Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, не требующее коррекции действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой взаимосвязанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности	
1.3.	Степень сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам	
1.4.	Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат	

Продолжение табл. 7.Т24

1	2	3	4	5	6	7
2.	Сенсорные нагрузки					
2.1.	Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)	до 25%	26–50%	51–75%	более 75%	
2.2.	Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	до 75	75–175	176–300	более 300	
2.3.	Число производственных объектов одновременного наблюдения	до 5	6–10	11–25	более 25	
2.4.	Нагрузка на зрительный анализатор					
2.4.1	Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м) в мм, при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	более 5 мм	5–1,1 мм более 50% времени; 1–0,3 мм до 50% времени; менее 0,3 мм до 25% времени	1–0,3 мм до 50% времени; менее 0,3 мм 25–30% времени	менее 0,3 мм более 50% времени	
2.4.2	Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т. п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	25%	26–50%	51–75%	более 75%	
2.4.3	Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену)	до 2	2–3	3	более 4	

Продолжение табл. 7.Т24

1	2	3	4	5	6	7
2.5.	Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100% до 90% и	Разборчивость слов и сигналов от 90% до 70%	Разборчивость слов и сигналов от 70% до 50%	Разборчивость слов и сигналов менее 50%	
3.	Эмоциональные					

3.1.	Степень ответственности	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов задачи	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (задании)	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания)	Несет ответственность за функциональное качество окончательной (конечной продукции) работы (задания)	
	Значимость ошибки	Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Влечет за собой дополнительные усилия со стороны высшего руководства (бригадира, мастера и т. п.)	Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т. п.)	Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и возникает возможность опасности для жизни	
3.2.	Степень риска для собственной жизни	Исключена	—	—	Вероятна	
3.3.	Степень риска за безопасность других лиц	Исключена			Возможна	
4.	Монотонность нагрузок					
4.1.	Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	более 10	9-6	5-3	менее 3	

Окончание табл. 7.Т24

1	2	3	4	5	6	7
4.2.	Продолжительность (в сек.) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций	более 100	100–25	24–10	менее 10	
5	Режим работы					
5.1.	Фактическая продолжительность рабочего дня	6–7 часов	8–9 часов	10–12 часов	более 12 часов	
5.2.	Сменность работы	односменная работа (без ночной смены)	двухсменная работа (без ночной смены)	трехсменная работа (работа в ночную смену)	нерегулярная сменность с работой в ночное время	

Таблица 7.Т25

**Общая оценка напряженности трудового процесса
(на основании учета числа показателей напряженности)**

Классы условий труда					Общая оценка напряженности трудового процесса – класс условий труда по напряженности
Относительная (напряженность труда легкой степени) 1	Допустимый (напряженность труда средней степени) 2	Вредный (напряженный труд) – 3			
		1 степень 3.1	2 степень 3.2	3 степень 3.3	
≤ 10	≥ 6	–	–	–	2
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} < 10$		≥ 6	–	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} = 10$		5	1	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} = 10$		4	2	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} = 10$		3	3	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} = 10$		2	4	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 \text{ кл.} = 10$		1	5	–	3.1
$\Sigma 1 + 2 + 3.1 \text{ кл.} = 10$			6	–	3.2
$\Sigma 1 + 2 + 3.1 \text{ кл.} < 9$			≥ 7	–	3.3

Таблица 7.Т26

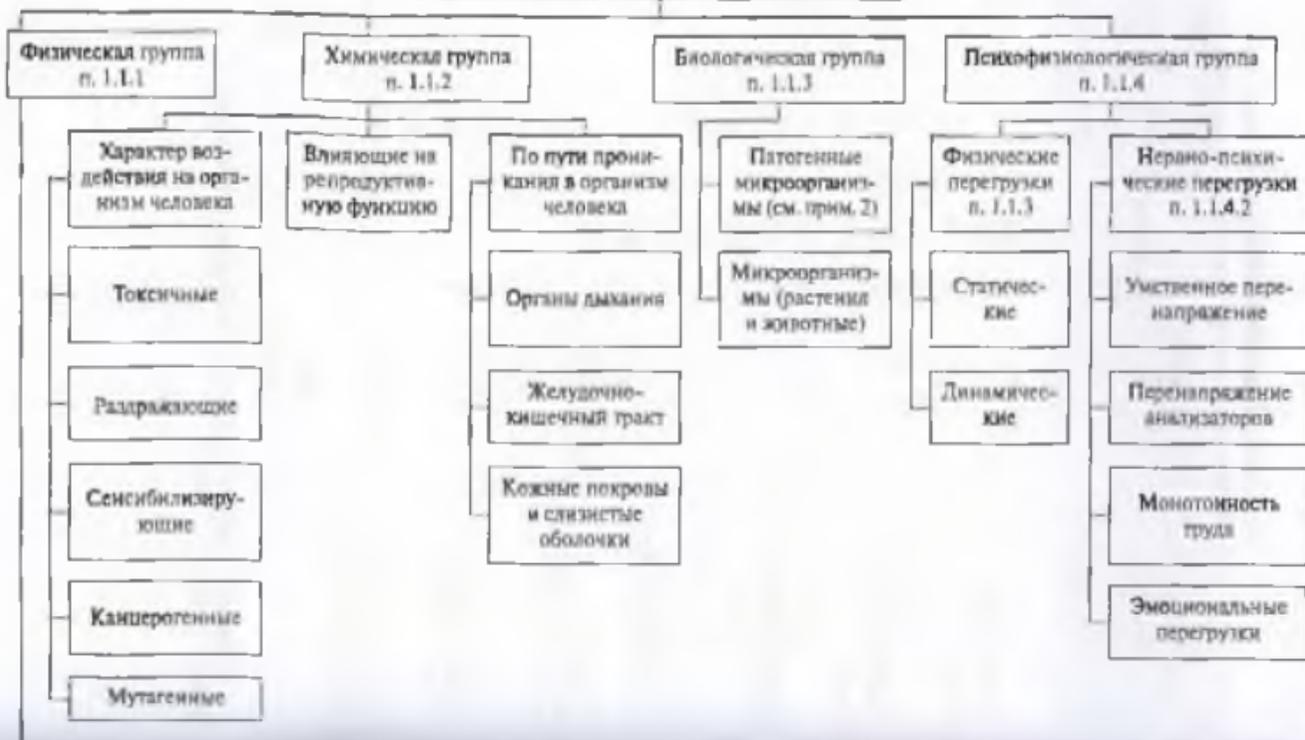
Параметры токов молнии

Индиксирование параметров тока молнии	Уровень защиты по СО 153-34.21.122-87	Параметр тока молнии			
		Расчетный	Первый импульс	Промежуток между импульсами	Второй (последующий) импульс
Максимум (пик) тока, I , кА	I	200	200		50
	II	150	150		37,5
	III-IV	100	100		25
Полный заряд, $Q_{полн}$, Кл	I	300			
	II	225			
	III-IV	150			
Заряд в импульсе, $Q_{имп}$, Кл	I	100	100	200	
	II	75	75	150	
	III-IV	50	50	100	
Удельная энергия, W/R , МДж/Ом	I	10	10		
	II	5,6	5,6		
	III-IV	2,5	2,5		
Средняя крутизна, di/dt 30/90%, кА/мкс	I	200			200
	II	150			150
	III-IV	100			100
Длительность фронта, T_1 , мкс	I		10		0,25
	II		10		0,25
	III-IV		10		0,25
Время полуспада, T_2 , мкс	I		350		100
	II		350		100
	III-IV		350		100
Длительность, T , мкс	I			500	
	II			500	
	III-IV			500	

Примечание. Параметры токов молнии заимствованы из таблиц 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 «Инструкция СО» 153-34.21.122-2003

Классификация опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы
ГОСТ 12.0.003-74*



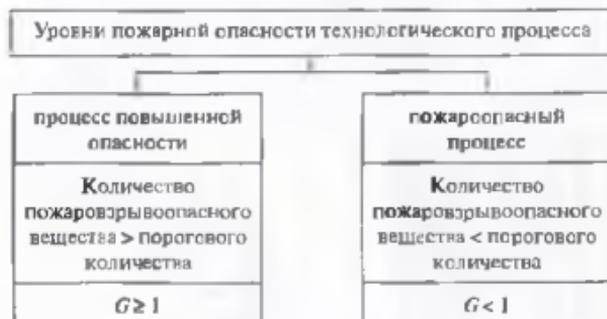
- **Физические опасные и вредные производственные факторы:**
- **передвигающиеся** машины, механизмы (**их части**), изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы;
 - **на рабочем месте:** значительная **высота** относительно пола; **повышенный уровень шума**;
 - **в рабочей зоне:** **повышенные** или **пониженные температуры** поверхностей оборудования, материалов, воздуха, **барометрическое давление**; подвижность, ионизация и **влажность** воздуха; **повышенный уровень** запыленности и **загазованности** воздуха, **вибрации**, **инфракрасных колебаний**, **ультразвука**, **статического электричества**, **напряжения** в электроцепях, **электромагнитных излучений**, **напряженностей электрического и магнитных полей**, **ультрафиолетовой** и **инфракрасной радиации**;
 - **в рабочем помещении и зоне:** **недостаточная освещенность**, **контрастность**; **повышенная яркость** света, **отраженная блескость**, **пульсации светового потока**; **невесомость**; **острые кромки**, **заусеницы** и **шероховатость** на **поверхности заготовок**, инструментов и оборудования

Примечания:

1. Один и тот же фактор по природе своего действия может относиться к различным группам.
2. Патогенные микроорганизмы – бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие.

Схема 7.Сх2

**Уровни пожарной опасности технологического процесса
по ГОСТ 12.3.047-98**



$$G = \sum_{i=1}^n m_i / m_{\text{огр}}$$

i — количество различных наименований веществ;

m_i — масса i -го опасного вещества, т,

$m_{\text{огр}}$ — пороговое количество вещества i , т.

Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений по СНиП 21-01-97



* пределы огнестойкости *R, E, I* устанавливаются по времени (в минутах) по признакам предельных состояний



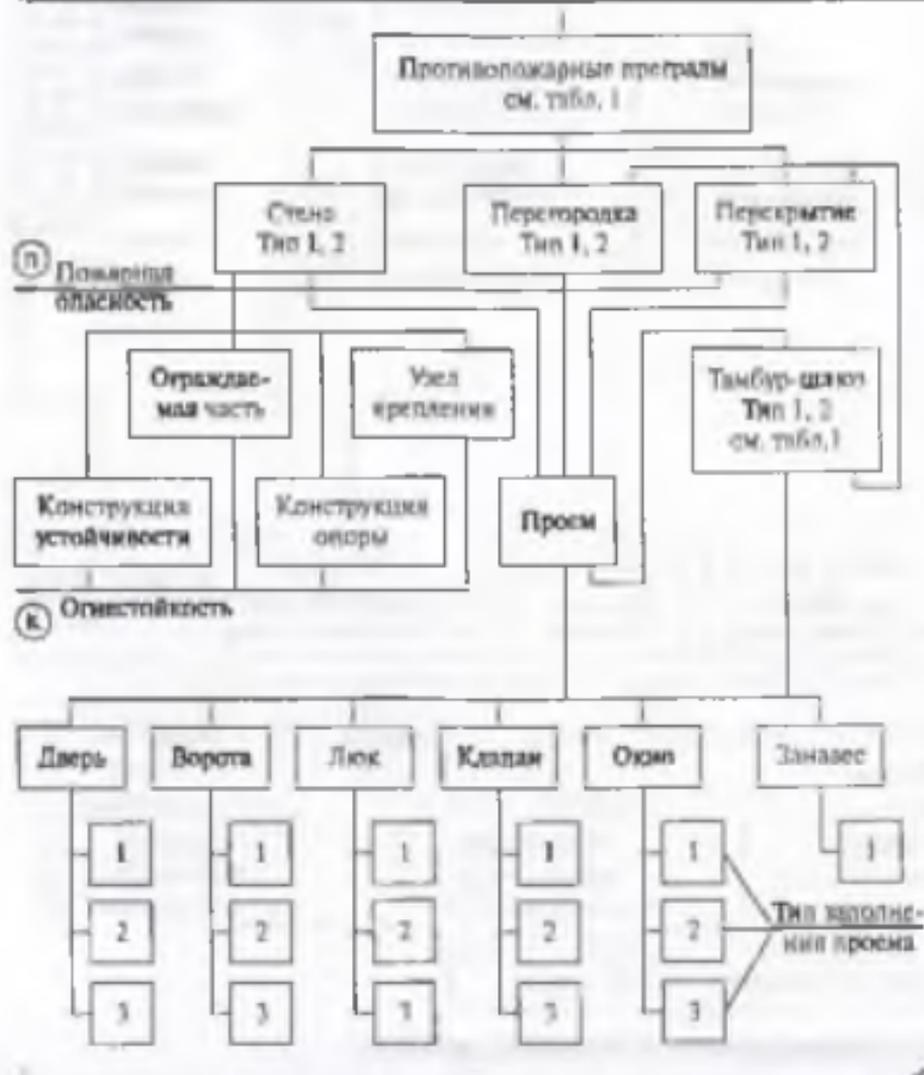


Таблица 1

Противопожарные преграды	Тип противопожарных преград	Предел огнестойкости противопожарной преграды, не менее	Тип заполнения проема, не менее	Тип тамбур-шлюза, не менее
Стены	1	REI 150	1	1
	2	REI 45	2	2
Перегородки	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2
Перекрытия	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

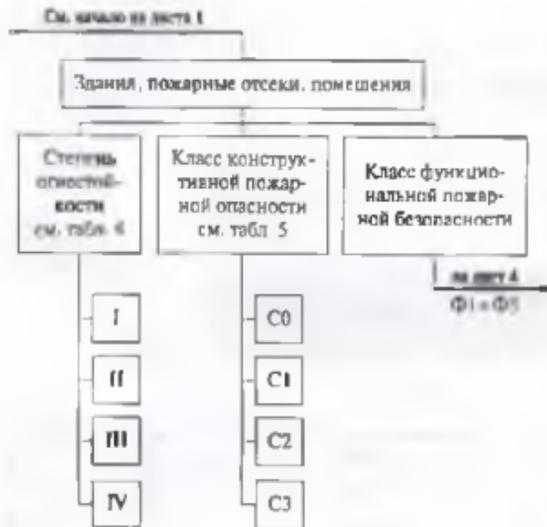
Таблица 2

Противопожарные преграды	Тип противопожарных преград	Предел огнестойкости противопожарной преграды, не менее
Двери, ворота, люки, клапаны	1	EI 60
	2	EI 30
	3	EI 15
Окна	1	E 60
	2	E 30
	3	E 15
Занавесы	1	EI 60

Таблица 3

Тип тамбур-шлюза	Типы элементов тамбур-шлюза, не ниже		
	Перегородки	Перекрытия	Заполнение проема
1	1	3	2
2	2	4	3

Таблица 4



Степень огнестойкости	Несущие элементы здания*	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее					
		Наружные не несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в т. ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Изоляторы (в т. ч. с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	F 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	Не нормируется						

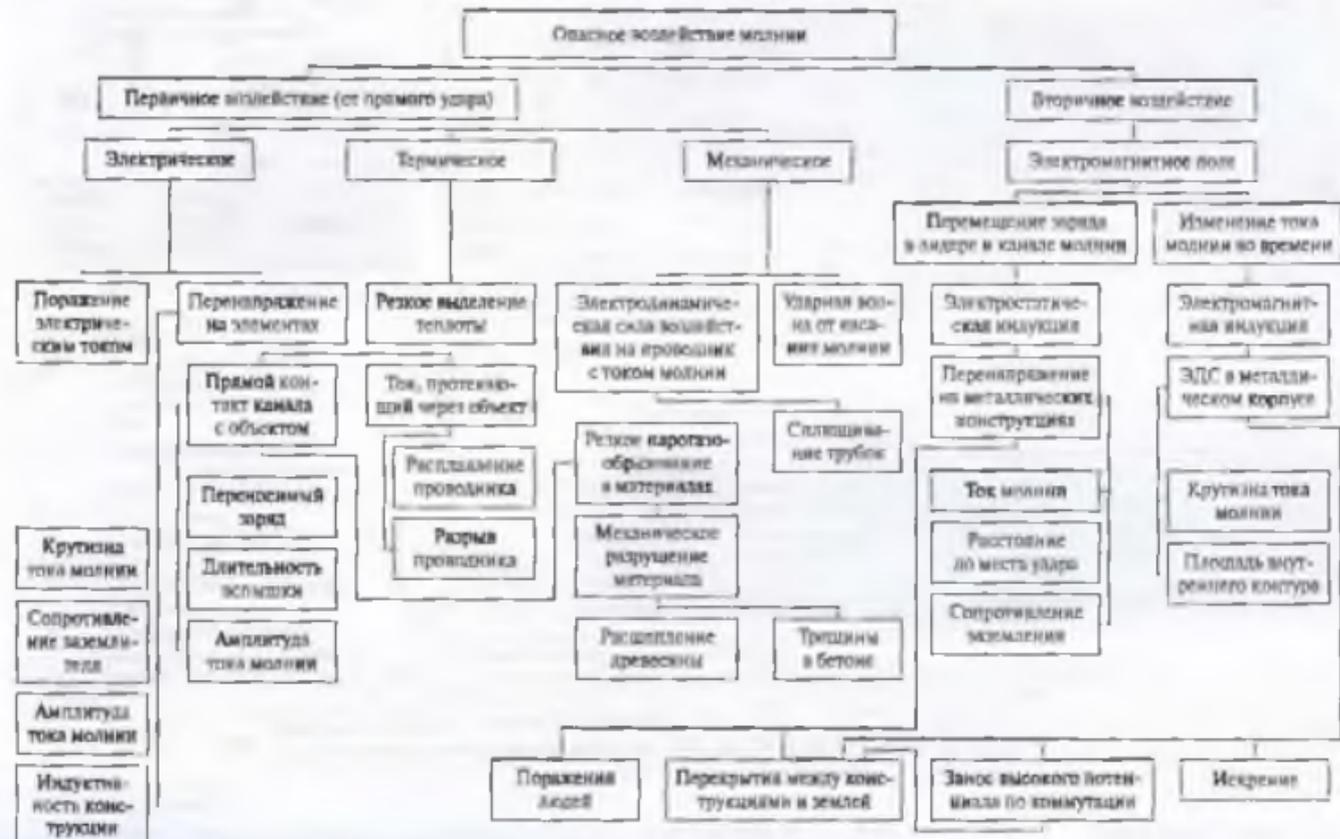
Таблица 5

Класс конструктивной пожарной опасности здания	Класс пожарной опасности строительных конструкций, не ниже				
	Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы)	Стены наружные внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные перегородки	Марши и площадки лестниц и лестничных клеток
C0	K0	K0	K0	K0	K0
C1	K1	K2	K1	K0	K0
C2	K3	K3	K2	K1	K1
C3	Не нормируется			K1	K3

* Несущие элементы здания определяет проектная организация (марки чертежей АР, КМ, КЖ)



Опасное воздействие молнии по РД 34.21.122-87



Глава 8. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП И СА

	Лист
8.1. Общие понятия и термины	8-2
8.2. Взрывоопасная смесь	8-3
8.2.1. Классификация смесей паров и газов	8-3
8.2.2. Температурная группа смеси	8-4
8.2.3. Категория смеси газов и паров	8-5
8.2.4. Классификация смесей пыли и волокон	8-5
8.2.5. Классификация смесей в России и за рубежом	8-6
8.2.6. Воспламенение смеси	8-6
8.3. Меры взрывозащиты	8-7
8.4. Взрывоопасные зоны газов и паров	8-8
8.4.1. Сравнение взрывоопасных зон по ПУЭ и ГОСТ Р 51330.9-99	8-8
8.4.2. Взрывоопасные зоны пылей и порошков	8-10
8.4.3. Зоны по NEC (США) и CEC (Канада)	8-11
8.4.4. Методика классификации взрывоопасных зон	8-12
8.4.4.1. Общие положения	8-12
8.4.4.2. Вентиляция и классы зон	8-14
8.4.4.3. Размеры взрывоопасной зоны	8-15
8.5. Методы, виды и уровни взрывозащиты электрооборудования	8-17
8.5.1. Методы и виды взрывозащиты	8-17
8.5.2. Уровни взрывозащиты	8-20
8.5.3. Сравнение видов взрывозащиты	8-21
8.6. Маркировка электрооборудования по взрывозащите	8-22
8.6.1. Общие принципы маркировки	8-22
8.6.2. Маркировка защиты вида «г»	8-24
8.7. Выбор электрооборудования для использования во взрывоопасных зонах	8-25
8.8. Вид защиты – искробезопасность	8-26
8.8.1. Минимальные кривые воспламенения омической цепи	8-28
8.8.2. Минимальные кривые воспламенения для емкостных цепей	8-29
8.8.3. Минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей	8-30
8.9. Составные части ИБЦ	8-30
8.9.1. Общие положения	8-30
8.9.2. Искрозащитные разделительные барьеры	8-32
8.9.2.1. Пассивные барьеры	8-32
8.9.2.2. Активные разделительные устройства	8-33
8.9.3. Оценка искробезопасности электрооборудования ИБЦ	8-34
8.9.4. Искробезопасная цепь с одним связанным устройством	8-34
8.9.5. Искробезопасная цепь с несколькими связанными электрическими устройствами	8-35
8.9.6. Конструктивные требования к ИБЦ	8-38
8.10. Разряд статического электричества	8-40
8.11. Высоковольтные импульсы напряжения	8-47
8.12. Заключение	8-48
8.13. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	8-49
8.14. Технический материал, использованный в главе	8-50
8.15. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	8-51

Перечень приложений

8.Пр.1. Приложение	8-54
--------------------------	------

Перечень рисунков

8.Р1. Треница взрывоопасности горючих смесей ГОСТ Р 51330.19-99 (пример).....	8-59
8.Р2. Характеристика воспламенения горючего газа (пример).....	8-60
8.Р2а. Маркировка по АTEX 94.....	8-60
8.Р3. Типовая ИБЦ.....	8-61
8.Р4. Минимальные кривые воспламенения для омических цепей	8-61
8.Р5. Минимальные кривые воспламенения для емкостных цепей	8-62
8.Р6. Минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей.....	8-63
8.Р7. Искробезопасная электрическая цепь ИБЦ.....	8-64
8.Р8. Съемка защитного проводника с пассивным барьером	8-65
8.Р9. Схема заземления пассивного БИС	8-65
8.Р10. Схема гальванически изолированного барьера	8-66
8.Р11. Ограничение тока искробезопасной цепи	8-66
8.Р12. Зависимость минимального воспламеняющего тока от напряжения для схем с нелинейными элементами.....	8-67
8.Р13. Пример схемы с нелинейными характеристиками.....	8-68
8.Р14. Пример графического определения суммарных выходных характеристик.....	8-69
8.Р15. Пример анализа суммарной выходной характеристики	8-69
8.Р16. Определение длины путем утечки и электрического зазора между токоведущими элементами.....	8-70
8.Р17. Различные виды соединений устройств ИБЦ.....	8-70
8.Р18. Возникновение заряда в трубе.....	8-71
8.Р19. Зависимость между временем релаксации и электропроводностью	8-71
8.Р20. Формы импульсов напряжения 1,2/50 мкс и тока 8/20 мкс по IEC 60060-1.....	8-71

Перечень таблиц

8.Т1. Данные о воспламеняемости взрывоопасных смесей	8-77
8.Т2. Группы взрывоопасных смесей по температуре самовоспламенения и максимальной температуре поверхности (Европа, США, Канада).....	8-80
8.Т3. Категория взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом	8-80
8.Т4. Дополнительный перечень взрывоопасных смесей, применяющихся в промышленном производстве Российской Федерации (приложение А (справочное) к ГОСТ Р 51330.11-99).....	8-81
8.Т5. Группы газов (по списку).....	8-86
8.Т6. Сопоставимые характеристики горения и взрыва пыли	8-86
8.Т7. Группы пыли.....	8-87
8.Т8. Группы волокон.....	8-87
8.Т9. Классификация взрывоопасных зон	8-87
8.Т10. Классификация проемов, как источников утечки	8-88
8.Т10а. Типы проемов и соответствующие им утечки.....	8-88
8.Т11. Вид взрывозащиты.....	8-89
8.Т12. Предполагаемое использование электроаппаратов и оборудования различных видов взрывозащиты	8-91
8.Т13. Маркировка электрооборудования по взрывозащите.....	8-92
8.Т14. Подгруппы электрооборудования групп II видов защиты «сб» и «св».....	8-92
8.Т15. Уровни искробезопасных электрических цепей по учету количества поврежденных элементов (ГОСТ Р 51330.10-99, пп. 5).....	8-93
8.Т16. Сравнение параметров электрооборудования в ИБЦ.....	8-93

8.T17. Электрические параметры электрооборудования простой ИБЦ (расчетная таблица).....	8-94
8.T18. Максимально допустимые значения индуктивности для подгрупп взрывозащищенного электрооборудования.....	8-94
8.T19. Зависимость электрических зазоров и путей утечки от амплитудных значений напряжений.....	8-95
8.T20. Испытательные напряжения для разных видов изоляции.....	8-95
8.T21. Показатели качества сопротивления и проводимости основных нефтепродуктов.....	8-96
8.T22. Минимальная энергия, необходимая для воспламенения некоторых паро- и газоздушных и пылевоздушных смесей, мДж по ВСН 10-72.....	8-98
8.T23. Типовые параметры разряда молнии.....	8-98

Перечень схем

8.Сх1. Структура мер взрывозащиты.....	8-99
8.Сх2. Взрывоопасные зоны по ГОСТ Р 51330.9-99.....	8-100
8.Сх3. Пример маркировки взрывозащищенного электроустройства.....	8-102
8.Сх4. Составные части электрооборудования ИБЦ.....	8-103
8.Сх5. Условия появления зарядов и разрядов статического электричества.....	8-104
8.Сх6. Опасное воздействие молнии по РД 34.21.122-87.....	8-105

8.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

В технологических процессах обращаются вещества и материалы (жидкость, газ, пар, пыль, волокно, твердые тела), в которых при определенных условиях (температура, концентрация вещества в окислителе, в том числе в воздухе) вследствие увеличения скорости испарения и экзотермической реакции возникает тление, вспышка, горение, взрыв. Для возникновения таких реакций необходимо наличие трех компонентов в определенных пропорциях:

- топливо (легковоспламеняющиеся пары, жидкости, газы, горючая пыль, горючая смесь);
- окислитель (кислород, воздух или иной окислитель);
- энергия воспламенения (электрическая или термическая, тепловая).

Для лучшего восприятия излагаемого далее материала приводим некоторые определения по ПУЭ-87 «Правила устройств электроустановок» (шестое издание), раздел 7:

7.3.2. Взрыв — быстрое преобразование веществ (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

7.3.3. Вспышка — быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

7.3.4. Тление — горение без свечения, обычно опознаваемое по появлению дыма

7.3.7. Температура вспышки — самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

7.3.8. Температура воспламенения — температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

7.3.9. Температура самовоспламенения — самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

7.3.10. Температура тления — самая низкая температура вещества (материалов, смеси), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением тления.

7.3.11. Легковоспламеняющаяся жидкость (в дальнейшем ЛВЖ) — жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С.

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20 °С составляет менее 100 кПа (около 1 ат).

7.3.12. Горючая жидкость — жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше 61 °С.

Горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С относятся к пожароопасным, но, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, относятся к взрывоопасным.

7.3.13. Легкий газ — газ, который при температуре окружающей среды 20 °С и давлении 100 кПа имеет плотность 0,8 или менее по отношению к плотности воздуха.

7.3.14. **Тяжелый газ** — газ, который при тех же условиях, что и в 7.3.13, имеет плотность более 0,8 по отношению к плотности воздуха.

7.3.15. **Сжиженный газ** — газ, который при температуре окружающей среды ниже 20 °С, или давлении выше 100 кПа, или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость.

7.3.16. **Горючие газы** относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды.

7.3.17. **Горючие пыль и волокна** относятся к взрывоопасным, если их нижний концентрационный предел воспламенения не превышает 65 г/м³.

7.3.18. **Взрывоопасная смесь** — смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м³ при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

К взрывоопасным относится также смесь горючих газов и паров ЛВЖ с кислородом или другим окислителем (например, хлором).

Концентрация в воздухе горючих газов и паров ЛВЖ принята в процентах к объему воздуха, концентрация пыли и волокон — в граммах на кубический метр к объему воздуха.

7.3.19. **Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения (ВКПР и НКПР)** — соответственно максимальная и минимальная концентрации горючих газов, паров ЛВЖ, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва.

7.3.22. **Взрывоопасная зона** — помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

7.3.23. **Взрывозащищенное электрооборудование** — электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

7.3.25. **Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ)** — максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

7.4.2. **Пожароопасная зона** — 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».

8.2. ВЗРЫВООПАСНАЯ СМЕСЬ

8.2.1. Классификация смесей паров и газов

Твердые вещества и жидкости при определенных условиях переходят в газообразное агрегатное состояние по причине испарения.

Над свободной поверхностью материала, а для твердых веществ внутри, в его порах образуется смесь паров и воздуха. Следует отметить, что смесь не всегда является

огнеопасной. Однако с повышением температуры испарение усиливается и тогда появляется взрывоопасная или огнеопасная смесь.

При достижении смесью температуры вспышки (иногда ее называют точкой воспламенения) происходит краткое возгорание, вспышка, но длительное горение невозможно ввиду недостаточности паров испарения, т. е. не достигнут нижний концентрационный предел воспламенения данной смеси.

Дальнейший рост температуры до температуры воспламенения (не путать с точкой воспламенения) приводит к устойчивому горению смеси.

Величины температур вспышки и воспламенения ряда газов и паров приведены в таблице 8.Т1.

Данные таблицы соответствуют величинам по ГОСТ Р 51330.19-99 и IEC 79-1A/1975 (VDE 0165).

Газы и пары характеризуются и классифицируются по ряду характеристик безопасности, из которых важнейшими являются:

- температура воспламенения;
- минимальная энергия зажигания;
- минимальный воспламеняющий ток МВТ (MIC);
- интервал безопасности (MESG) как разница между ВКПР и НКПР;
- пределы воспламенения и распространения пламени (в процентах концентрации смеси с воздухом).

8.2.2. Температурная группа смеси

В зависимости от температуры самовоспламенения смеси газов и паров подразделяются по ГОСТ 12.1.011-78 на группы Т1 + Т6.

Температура самовоспламенения взрывоопасной смеси является таким параметром, который означает режим воспламенения (пламенного горения) смеси на горячей поверхности. Эта температура для различных смесей различна, но во всех случаях она минимальна, выше нее происходит взрыв или горение пламенем взрывоопасной смеси.

В России классификация производится (таблица 8.Т2) по «Группам взрывоопасных смесей по температуре самовоспламенения и максимальной температуре поверхности» по ПУЭ, п. 7.3.2.

Максимальная (предельная) температура поверхности — наибольшая температура поверхности оборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды (ПУЭ, п. 7.3.36).

Правила ПИВРЭ 1967 г. также делят смеси на группы Т1 + Т5, соответствующие группам по ГОСТ и ПУЭ.

Правила ПИВЭ 1960/1963 гг. классифицируют смеси на группы А, Б, Г и Д.

Европейские нормы EN 50.014 полностью соответствуют нормам ПУЭ в части групп смесей, однако наименование имеют иное, а именно «Класс температуры» или «Температурный класс».

Стандарты США (NEC 500) и Канады (CEC) более детализируют температурные классы (в градусах Фаренгейта), подразделяя «Основные» классы Т2 + Т4 на более мелкие классы А, В, С, D. Стандарт США (NEC 505) соответствует по температурному классу европейским нормам.

На практике максимальная температура поверхности должна быть ниже нижней температуры самовоспламенения окружающей смеси (температура зажигания по западно-европейской терминологии).

Из таблицы 8.Т1 видно, что большая часть газов и паров – более 95% относятся к группам Т1, Т2 и Т3 и лишь около 5% газов и паров соответствуют группам Т4, Т5 и Т6.

8.2.3. Категория смеси газов и паров

В горном, подземном производстве (шахты, рудники и др.), в основном, присутствует газ метан. Именно этим можно объяснить разделение взрывоопасных смесей на 2 категории применения:

I – взрывоопасная смесь с метаном или рудничным газом;

II – взрывоопасные смеси с другими промышленными газами и парами.

Взрывоопасные смеси делятся на категории I, II A, II B, II C в зависимости от максимального давления и скорости нарастания давления взрыва, что экспериментально устанавливается по ГОСТ 12.1.011–78 в виде БЭМЗ (см. вышеприведенное определение) и МВГ (значение соотношения между минимальным током воспламенения испытуемого газа или пара и минимальным током воспламенения метана) – таблица 8.Т3.

Для классификации большинства взрывоопасных смесей по категориям достаточно подразделения либо по БЭМЗ, либо по МВГ.

Возможно, классифицировать смеси также по сходству химической структуры.

Когда газ или пар является членом некоторого гомологического ряда соединений, то категория взрывоопасной смеси может быть с некоторой степенью осторожности без установления БЭМЗ или МВГ определена условно по сравнению с другими газами или парами этого ряда, но с меньшим молекулярным числом.

Взрывоопасные смеси категорий II A, II B, II C приведены в таблицах 8.Т1 и дополнены перечнем приложения А ГОСТ Р 51330.11–99 (таблица 8.Т4).

Несколько типичных взрывоопасных газов для различных категорий взрывоопасных смесей указаны в таблице 8.Т5.

Смеси категории II A представляют наименьшие требования по взрывозащите, категории II C – наибольшие.

Величины БЭМЗ в мм соответственно уменьшаются от категории II A к категории II C.

8.2.4. Классификация смесей пыли и волокон

Твердые вещества часто присутствуют в технологических процессах в измельченной форме, в том числе в форме пыли и в форме волокон. Пылевая форма твердого вещества может находиться в вихревом, взвешенном состоянии и в состоянии пылевого отложения, представляющего из себя пористое тело, т. е. пористость может достигать до 90%. Измельченность пыли увеличивает поверхность твердого вещества.

При повышении температуры происходит спонтанное загорание пылевого вещества, далее имеет место тление или тлеющий огонь; он всегда начинается при температурах ниже температуры взрыва той же пыли в виде воздушно-пылевой смеси. Такой тлеющий огонь, особенно при вихревом движении пылевых частиц, может стать источником зажигания для воздушно-пылевой смеси. По этой причине температура

тления, определяемая для зажигания 5-миллиметрового пылевого слоя, является важной характеристикой безопасности для пыли. Для толстых слоев пыли тление может происходить при температурах меньших температуры тления.

Пыль может оседать и скапливаться. При взрыве пыли с малой концентрацией, находящейся в среде, головная волна сжатия взрыва может вызвать вихревое движение осаждающей пыли, что дает большую концентрацию горючего материала.

В таблице 8.Т6 показаны сопоставимые характеристики сгорания и взрыва пыли по сравнению с минимальными энергиями зажигания ацетилена, метана и водорода.

Вывод: риск взрыва пылевой смеси гораздо меньше газовой, паровой или туманной. Следует также заметить, что газообразные вещества, высвобожденные процессом или являющиеся результатом отказа устройства, обычно очень быстро смешиваются с присутствующим воздухом, тогда как в случае горючей пыли такового не бывает.

В России отсутствует классификация пыли и волокон по группам.

8.2.5. Классификация смесей в России и за рубежом

Мы сочли возможным в таблицах 8.Т5, 8.Т7, 8.Т8 привести соответствующую классификацию категорий и групп в России, групп и классов в Европе и США на основании некоторых типичных взрывоопасных газов, пыли и волокон. Обращаем внимание на то, что «Категориям взрывоопасных смесей» в России соответствует наименование «Группа смеси» в Европе и «Класс смеси» в США и Канаде, а наименованию «Группа в/о смеси по температуре», принятому в России, соответствует термин «Температурный класс» по зарубежной классификации.

Стандарты США (NEC 500) и Канады (CEC) подразделяют температурные классы T2, T3 и T4 на подклассы T2, T2A – T2D, T3, T3A – T3C, T4 и T4A по градусам Фаренгейта (таблица 8.Т2) и обозначают группы взрывоопасных смесей латинскими буквами А, В, С, D для класса I газон и Е, F, G для класса II пыли (таблицы 8.Т5, 8.Т7).

Стандарт США (NEC 500) для класса I (газ) не подразделяет температурный класс на подклассы А, В, С, D.

8.2.6. Воспламенение смеси

Для многих известных взрывоопасных смесей опытным путем установлены характеристики воспламенения. Они показывают зависимость между концентрацией топлива и воздуха (в процентах) и энергией воспламенения (в миллиджоулях), при которых происходит реакция самовоспламенения.

Для каждого топлива (газ, пар, туман) существуют нижний и верхний пределы энергии, при которых происходит возгорание топлива при определенной его концентрации с воздухом.

Нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения или распространения пламени (соответственно, НКПР и ВКПР) влияют на физическую, пространственную величину взрывоопасной зоны при одинаковом объеме взрывоопасной смеси в зоне. При малом содержании топлива в смеси ниже НКПР (обедненная смесь) увеличение количества энергии не приводит к воспламенению. При высоком содержании топлива, когда превышен верхний концентрационный предел воспла-

менения ВКПР, увеличение количества энергии не вызывает процесса возгорания богатой (жирной) смеси.

Это отражено на рис. 8.Р1.

На рис. 8.Р2 показана характеристика воспламенения для водорода. Она представляет собой кривую между НКПР (4%) и ВКПР (77%) с нижним пределом энергии поджигания «идеальной» смеси (около 27%) — МЭП (–0,02 мДж).

При концентрации смеси в 10% необходима энергия воспламенения составит около 1 мДж, а при концентрации 70% необходима энергия около 10 мДж.

Для других газов и паров характеристики выглядят аналогично.

НКПР конкретной смеси определяет минимальное количество топлива в процентах, которое образует взрывоопасную смесь, что позволит классифицировать опасную зону.

Диапазон величин концентрации взрывоопасной смеси между НКПР и ВКПР (MESG) для различных газов и паров существенно различается. Особо следует обратить внимание на весьма широкий диапазон взрывоопасной смеси для ацетилена — от 1,5 до 100%. Вероятно, по этой причине по классификации США и Канады этот газ и смесь его с воздухом выделены в отдельную группу А (таблица 8.Т5). Также ввиду широкого диапазона концентраций водорода с воздухом — от 4,0 до 77%, образующих взрывоопасную смесь, водород и водородосодержащие технологические газы, в объеме которых более 30% водорода, а также газы и пары, равнозначные по опасности (окись пропилена, окись этилена и т. п.) выделены в особую группу В.

Минимальная энергия поджигания МЭП соответствует «идеальной» пропорции «топливо-воздух», при которой взрывоопасная смесь поджигается. Прикладывая к смеси энергию ниже МЭП невозможно ее воспламенить при любой концентрации смеси.

МЭП является одним из компонентов определения параметров искробезопасной электрической цепи по ГОСТ Р 51330.10–99.

8.3. МЕРЫ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ

Меры взрывозащиты подразделяются на:

а) меры предотвращения или ограничения образования опасной по взрыву атмосферы — это **меры первичной взрывозащиты**;

б) меры предотвращения воспламенения опасной по взрыву атмосферы;

в) меры ограничения воздействия взрыва до размера, который не вызывает опасных факторов взрыва. Меры по пп. б) и в) называются **мерами вторичной взрывозащиты**.

Структура мер взрывозащиты по ГОСТ 12.1.010-76* приведена в схеме 8.Сх1.

Меры первичной взрывозащиты подразделяются на меры внешнего окружения взрывоопасного технологического оборудования и меры, касающиеся его внутренней части.

Внутренняя часть технологического оборудования может быть обеспечена такими мерами взрывозащиты:

— герметичное исполнение оборудования, не пропускающего внутрь окислитель извне;

— замена горючего вещества негорючим;

- использование инертных или химически активных добавок для исключения образования взрывоопасной концентрации (разбавление смеси);
- ограничение концентрации взрывоопасной смеси ниже нижнего или выше верхнего предела взрывоопасности; последнее означает, что, либо количество горючего газа в окислительной атмосфере столь невелико, что концентрация смеси не достигает нижней границы взрыва НКПР, либо количество горючего газа столь значительно по отношению к окислительной атмосфере, что такая смесь не может привести к взрыву, т. к. концентрация смеси выше верхней границы взрыва ВКПР. Описание НКПР и ВКПР приведено в разделе 8.2.6.

Такие меры взрывозащиты должны быть проработаны в технологической части проекта.

Внешнее окружение технологического оборудования, опасного по взрыву, может быть обеспечено такими мерами взрывозащиты:

- необходимым видом вентиляции;
- контролем и сигнализацией о концентрации взрывоопасных смесей в атмосфере окружающей среды;
- герметичным исполнением технологического оборудования (не выпускающим смесь наружу).

Вентиляция может быть:

- приточной, создающей внешнее избыточное давление (выше давления утечки);
- вытяжной, позволяющей в допустимо короткое время из пространства, окружающего оборудование, эвакуировать взрывоопасные вещества, не допуская создания взрывной концентрации смеси;
- приточно-вытяжной, сочетающей достоинства двух других видов вентиляции.

Сигнализация появления допредельных концентраций взрывоопасных смесей должна сочетаться с дистанционным автоматическим включением/отключением соответствующих противопожарных средств и систем.

Эта мера первичной взрывозащиты решается совместно специалистами-технологами и специалистами по автоматизации и контролю технологического процесса.

Меры вторичной взрывозащиты применяются в тех случаях, когда меры первичной взрывозащиты не обеспечивают безусловной защиты от воспламенения смеси и взрыва.

Методы вторичной взрывозащиты изложены в разделе 8.5.

Прежде чем перейти к их изложению, необходимо пояснить принципы зонирования взрывоопасных установок.

8.4. ВЗРЫВООПАСНЫЕ ЗОНЫ ГАЗОВ И ПАРОВ

8.4.1. Сравнение взрывоопасных зон по ПУЗ и ГОСТ Р 51330.9-99

Вероятность появления опасной взрывной атмосферы – основа зонирования взрывоопасных участков, помещений и установок.

По современной нормативной документации там, где появляются газы, пары или туман, участки делятся на зоны классов 0, 1, 2.

Классификация на зоны классов 0, 1 и 2 приводится по ГОСТ Р 51330.9-99. Классификация полностью соответствует международным и европейским стандартам IEC и CENELEC (МЭК 60079-10-95, IEC 79 10).

В то же время в России, а ранее в СССР классификация зон взрывоопасности производилась в соответствии с ПУЭ, издание 6 и ранее (глава 7.3), и имела зоны классов В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг.

Соотношение зон по ПУЭ и вновь введенных с 1999 г. по ГОСТ Р 51330.9-99 приведено в таблице 8.Т9, а в разделе 8.4.4 изложена методика классификации взрывоопасных зон в соответствии с ГОСТ Р 51330.9-99.

Приведенные ниже определения зон по ПУЭ и по ГОСТ Р 51330.9-99 служат основой сравнения двух классификационных видов взрывоопасных зон.

Определение по ПУЭ (6 изд.), глава 7.3, пункт 7.3.22:

«Взрывоопасная зона — помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси».

По ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95), раздел 2, пункт 2.2:

«Взрывоопасная зона — зона, в которой имеется или может образоваться взрывоопасная газовая смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановок».

Разница заключается в том, что новая классификация определяет:

1. Необходимость знания объема смеси в зоне, который требует защитных мер от электроустановок;

2. Независимость зоны от конкретного пространства.

Проведем сравнение зон различной классификации между собой.

Зоны класса В-I и класса 0

Зона класса В-I — зона, расположенная в помещении, в котором выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси в нормальных режимах работы.

Зона класса 0 — зона, в которой взрывоопасная смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени.

Формулировка зоны класса 0 более четкая, жесткая и однозначная («присутствует постоянно или в течение длительного времени»), в то же время формулировка зоны класса В-I содержит слова «выделяется», «могут образоваться», которые каким-то образом размывают понятие зоны данного класса.

Зоны класса В-Ia и класса 1

Зона класса В-Ia — зона, расположенная в помещении, в котором при нормальной эксплуатации не образуются взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ (независимо от нижнего конденсационного предела воспламенения) с воздухом, они возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зона класса 1 — зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации.

Зона класса В-Ia определяется как взрывоопасная зона в результате аварий или неисправностей; по определению зоны класса 1 — имеется возможность непостоянного присутствия взрывоопасной смеси независимо от причины (авария, неисправность, нормальная эксплуатация технологического процесса); при постоянном же присутствии смеси — зона класса 0.

Зоны класса В-1б и класса 2

Зона класса В-1б — зона, расположенная в помещении, в котором взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности и имеют ряд специфических особенностей (п. 7.3.42 ПУЭ).

Зона класса 2 — зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время.

Определения зоны класса В-1б и класса 2 достаточно близки; понятие зона класса 2 перекрывает понятие зоны класса В-1б.

Зона класса В-1г

Зона класса В-1г — по пункту 7.3.43 ПУЭ — пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ:

- технологических установок;
- надземных и подземных резервуаров;
- эстакад слива/налива;
- открытых нефтеловушек;
- прудов — отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

Также к зоне класса В-1г относятся:

- пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-1, В-1а и В-1б (исключение — проемы окон с заполнением стеклоблоками);
- пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны;
- пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Пунктом 7.3.44 определены размеры взрывоопасных зон класса В-1г.

Зона класса В-1г по новой классификации зон может быть отнесена к любой из зон 0, 1, 2 в зависимости от степени утечки, от интенсивности утечки, от вида и уровня вентиляции, степени ее готовности.

Наружные установки предполагают хорошую готовность вентиляции при скорости ветра, которая практически постоянно превышает 0,5 м/с.

Класс зоны наружных установок определяется по методике, изложенной в разделах 8.4.4.1 и 8.4.4.2.

8.4.2. Взрывоопасные зоны пыли и порошков

В производственной атмосфере могут образовываться технологические смеси воздуха с мелкодисперсными твердыми горючими веществами, для которых классификация на зоны 20, 21 и 22 производится по ГОСТ Р 51330.22-99, полностью соответствующему международным и европейским стандартам (в частности МЭК 61242-2-1-99, EN1127-1).

Ранее классификация зон, опасных по воспламеняемости горючей пыли, производилась по ПУЭ, издания 6, раздел 7.3, пп. 7.3.45, 7.3.46 на зоны классов В-11 и В-1а.

Классификация зон по горючей пыли приведена в таблице 8.Т9.

«Зона класса В-II – зона, расположенная в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли и волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (загрузка, разгрузка технологических аппаратов)».

«Зона 20 – зона, расположенная в помещениях, в которых длительный срок, часто или постоянно присутствует взрывоопасная газообразная атмосфера в форме облака пыли и в которых пыль может накапливаться и образовывать слой неопределимой или чрезмерной толщины; отдельные отложения пыли не образуют зону 20».

Зона 21 сформулирована аналогично зоне класса В-II.

Таким образом зона класса В-II по новой классификации разделяется на 2 зоны: зона 20 и зона 21, причем зона 21 характеризуется теми же признаками, что зона класса В-II. Зона 20 располагается в помещениях, в которых горючие пыли в форме облака или сплошного слоя на поверхности присутствуют длительно или постоянно, а зона 21 – в помещениях, где выделяются горючие пыли и волокна, которые могут при определенных условиях (не всегда!) образовать взрывоопасные смеси.

«Зона класса В-IIа – зона, расположенная в помещениях, в которых опасные состояния, изложенные для зоны класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей».

Зона 22 полностью соответствует зоне класса В-IIа.

Зоны 22 (зоны класса В-IIа) – зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

8.4.3. Зоны по NEC (США) и CEC (Канада)

Классификация взрывоопасных зон в США (NEC 500) и Канаде проводится по классам и дивизионам.

Класс I – соответствует зонам, где присутствуют легковоспламеняющиеся вещества (газы и пары).

Класс II – зоны с наличием легковоспламеняющихся веществ в виде пыли или порошка.

Класс III – зоны при наличии легковоспламеняющихся веществ в виде жидкости, волокна или твердых тел.

По характеру опасности взрыва зоны делятся на дивизионы (подгруппы).

Дивизион I – опасность существует при нормальной эксплуатации, во время ремонта или при аварии, которая может быть причиной одновременного отказа электрооборудования и явиться причиной воспламенения.

Дивизион 2 – опасность появляется при разгерметизации оборудования или систем, либо зона примыкает к дивизиону I.

Класс I (газ) по NEC 505 в США классифицируется аналогично европейским (международным) нормам на зоны 0, I и 2.

Соответствие зон различных классов по классификации в России и классификации в Европе, США и Канаде приведено в таблице 8.Т9.

В США и Канаде горючие пыли и порошки создают взрывоопасные зоны класса 2, которые разделяются на группы E, F и G.

Группа Е класса 2 – зона, содержащая горючие металлические порошки, в том числе алюминий, магний, их сплавы или другие порошки, размеры и электропроводность частиц которых сходны по опасности при работающем электрооборудовании.

Группа F – зона, содержащая пыли горючих каменноугольных, коксовых или синтетизированных из других веществ таким образом, что приводят к опасности взрыва.

Группа G – зона, содержащая горючие пыли, не включенные в группы Е и F, в том числе пыль муки, зерна, древесины, пластмассы и химпродуктов.

8.4.4. Методика классификации взрывоопасных зон

8.4.4.1. Общие положения

Электрооборудование (в том числе средства автоматизации и вычислительной техники, имеющие электропитание), устройство электроустановки должно соответствовать классам взрывоопасных зон 0, 1, 2, в которых оно будет использоваться.

Технологическое оборудование и технологический процесс являются основными факторами определения уровня взрывоопасных зон; в нормальном режиме работы и при авариях должны быть минимальными частота, длительность и количество высвобождаемого горючего вещества с тем, чтобы понизить уровень взрывоопасности зоны.

В условиях аварии при обслуживании технологического оборудования уровень взрывоопасности зоны может выходить за установленный класс, что требует соблюдения специальных мер безопасности и соответствующего оборудования для проведения ремонтных работ.

Под аварией понимается (ГОСТ Р 12.3.047-98) разрушение сооружений и/или технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и/или выброс опасных веществ.

В чрезвычайных обстоятельствах необходимо отключить все электрооборудование, не требуемое для проведения работ по ликвидации аварии, остановить (по возможности) процессы, устранить источники утечки и, если возможно, обеспечить дополнительную вентиляцию.

Перечисленные действия следует предусматривать в защитных блокировках и в автоматическом режиме.

Класс взрывоопасных зон определяется по ГОСТ Р 51330.9-99. Разделы 4 и 5 и рис. В-1, приложения А, Б рекомендуют методику классификации зон.

Однако изложение существа этой методики воспринимается с трудом и требует пояснения.

Примерное определение класса зоны приведено в таблице 8.Т1 данной главы.

Величина взрывоопасной смеси в зоне зависит от утечки и размера зоны, в которой имеет место утечка.

Утечка – горючее вещество, высвобождаемое из источника утечки (элемента технологического оборудования или трубопровода), способное образовать с воздухом взрывоопасную смесь.

Утечка характеризуется источником утечки, ее частотой и длительностью.

Источник и интенсивность утечки устанавливают степень утечки:

– постоянная (непрерывная или существующая длительно);

– первой степени (появление которой при нормальной работе технологического оборудования носит периодический или случайный характер);

– второй степени (появление которой при нормальной работе технологического оборудования маловероятно или кратковременно).

Примеры **источников утечки**, которые приведены ниже и соответствуют приложению А ГОСТ Р 51330.9-99, не предназначены для прямого использования. Источники утечки могут изменяться в зависимости от особенностей технологического оборудования и трубопроводов, условий их работы.

А.1. Технологическое оборудование и трубопроводы.

А.1.1. Источники непрерывной утечки:

а) поверхность горячей жидкости в закрытом резервуаре с постоянным сбросом пара в атмосферу;

б) поверхность горячей жидкости в резервуаре, который открыт непрерывно или в течение длительных периодов времени (например, сепаратор нефти/воды).

А.1.2. Источники утечки первой степени:

а) уплотнения насосов, компрессоров или клапанов с утечкой горючего вещества в нормальном режиме работы;

б) устройства отделения воды в резервуарах с горячей жидкостью, из которых возможна утечка горячей жидкости вещества в атмосферу в процессе выпуска воды в нормальном режиме работы;

в) устройства отбора проб, через которые возможна утечка горючего вещества в нормальном режиме работы;

г) клапаны сброса и различные отверстия, через которые возможна утечка горючего вещества в нормальном режиме работы.

А.1.3. Источники утечки второй степени:

а) уплотнения насосов, компрессоров или клапанов, через которые утечка горючего вещества в нормальном режиме работы невозможна;

б) фланцы, соединения и трубные фитинги, через которые утечка горючего вещества в нормальном режиме работы невозможна;

в) устройства отбора проб, через которые утечка горючего вещества в нормальном режиме работы невозможна;

г) клапаны сброса и другие отверстия, через которые утечка горючего вещества в нормальном режиме работы невозможна.

А.2. Проемы.

А.2.1. Проемы между зонами рассматриваются как возможные источники утечки.

Степень утечки определяется:

– классом прилегающей зоны;

– частотой и длительностью нахождения проемов в открытом состоянии;

– эффективностью средств, используемых для уплотнений;

– разностью давлений между зонами.

А.2. Классификация проемов.

Проемы подразделяются на типы А, В, С, D в соответствии с признаками по таблице 8.Т10.

Степень утечки через проемы определяется по таблице 8.Т10А.

Постоянная утечка образует, как правило, зону класса 0, утечка первой степени – зону класса 1, утечка второй степени – зону класса 2.

В нижней части схемы 8.Сх2 это показано крайними правыми вертикальными линиями от прямоугольника, соответствующего степени утечки вниз до взрывоопасной зоны.

8.4.4.2. Вентиляция и классы зон

Вентиляция или перемещение воздуха вокруг источника утечки разбавляет взрывоопасную смесь, в том числе до такой степени, что концентрация взрывоопасной атмосферы может стать ниже нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).

Понятно, что наличие вентиляции и ее уровень влияют на образование взрывоопасной смеси и тем самым влияют на класс зоны.

В правой части схемы 8.Сх2 приведена классификация вентиляции.

по виду вентиляции (пункты Б1 и Б2 приложения Б ГОСТа):

- естественная;
- искусственная (местная или общая);

по уровню вентиляции (пункт Б.3 приложения Б ГОСТа):

– вентиляция высокого уровня (ВВ), которая обеспечивает мгновенное снижение концентрации смеси у источника утечки до величины, меньшей НКПВ, размеры взрывоопасной зоны при ВВ пренебрежимо малы;

– вентиляция среднего уровня (ВС), которая позволяет быстро изменять концентрацию смеси; при этом концентрация за границами зоны во время существования утечки становится ниже НКПВ, в пределах зоны после прекращения утечки взрывоопасная смесь быстро рассеивается;

– вентиляция низкого уровня (ВН), которая не позволяет изменять концентрацию смеси при наличии утечки и/или быстро устранить взрывоопасную смесь после прекращения утечки.

Вентиляция оценивается также уровнем готовности.

Разделяют три уровня готовности (п. Б.5 ГОСТ Р 51330.9-99):

- хорошая – вентиляция присутствует постоянно;
- средняя – вентиляция присутствует при нормальных условиях эксплуатации, допускаются кратковременные и нечастые перерывы вентилирования;
- плохая – вентиляция не отвечает требованиям хорошего или среднего уровня готовности, при этом длительные перерывы вентиляции не ожидаются.

Если готовность не отвечает требованиям даже плохого уровня готовности, то такая вентиляция не может служить вентиляцией зоны.

Готовность вентиляции хорошая для наружных условий при предполагаемой минимальной скорости ветра 0,5 м/с, которая практически существует постоянно.

Готовность искусственной вентиляции зависит от надежности оборудования вентиляторов.

Хорошая готовность обеспечивается автоматическим включением резервных вентиляторов при аварийном отключении основных вентиляторов или автоматической остановкой технологического процесса с исключением источника утечки при аварийном отключении основных вентиляторов.

В нижней части схемы 8.Сх2 приведена «решетка» связи между параметрами вентиляции и классом взрывоопасной зоны для различных степеней утечек. «Решетка» на наш взгляд нагляднее показывает связи, чем приведенная в ГОСТ Р 51330.9-99 таблица Б.1.

В нижней части схемы 8.Сх2 это показано крайними правыми вертикальными линиями от прямоугольника, соответствующего степени утечки вниз до взрывоопасной зоны.

8.4.4.2. Вентиляция и классы зон

Вентиляция или перемещение воздуха вокруг источника утечки разбавляет взрывоопасную смесь, в том числе до такой степени, что концентрация взрывоопасной атмосферы может стать ниже нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).

Понятно, что наличие вентиляции и ее уровень влияют на образование взрывоопасной смеси и тем самым влияют на класс зоны.

В правой части схемы 8.Сх2 приведена классификация вентиляции:

по виду вентиляции (пункты Б1 и Б2 приложения Б ГОСТа):

- естественная;
- искусственная (местная или общая);

по уровню вентиляции (пункт Б.3 приложения Б ГОСТа):

– вентиляция высокого уровня (ВВ), которая обеспечивает мгновенное снижение концентрации смеси у источника утечки до величины, меньшей НКПВ, размеры взрывоопасной зоны при ВВ пренебрежимо малы;

– вентиляция среднего уровня (ВС), которая позволяет быстро изменять концентрацию смеси; при этом концентрация за границами зоны во время существования утечки становится ниже НКПВ, в пределах зоны после прекращения утечки взрывоопасная смесь быстро рассеивается;

– вентиляция низкого уровня (ВН), которая не позволяет изменять концентрацию смеси при наличии утечки и/или быстро устранить взрывоопасную смесь после прекращения утечки.

Вентиляция оценивается также уровнем готовности.

Разделяют три уровня готовности (п. Б.5 ГОСТ Р 51330.9-99):

- хорошая – вентиляция присутствует постоянно,
- средняя – вентиляция присутствует при нормальных условиях эксплуатации, допускаются кратковременные и нечастые перерывы вентилирования;
- плохая – вентиляция не отвечает требованиям хорошего или среднего уровня готовности, при этом длительные перерывы вентиляции не ожидаются.

Если готовность не отвечает требованиям даже плохого уровня готовности, то такая вентиляция не может служить вентиляцией зоны.

Готовность вентиляции хорошая для наружных условий при предполагаемой минимальной скорости ветра 0,5 м/с, которая практически существует постоянно.

Готовность искусственной вентиляции зависит от надежности оборудования вентиляторов.

Хорошая готовность обеспечивается автоматическим включением резервных вентиляторов при аварийном отключении основных вентиляторов или автоматической остановкой технологического процесса с исключением источника утечки при аварийном отключении основных вентиляторов.

В нижней части схемы 8.Сх2 приведена «решетка» связи между параметрами вентиляции и классом взрывоопасной зоны для различных степеней утечек. «Решетка» на наш взгляд нагляднее показывает связи, чем приведенная в ГОСТ Р 51330.9-99 таблица Б.1.

При постоянной (непрерывной) утечке, при высоком уровне вентиляции ВВ и хорошем уровне готовности вентиляции (вертикаль ВВХ) взрывоопасная зона существует, но она имеет пренебрежимо малые (ПМ) размеры, и зона относится к взрывобезопасной; при той же утечке ВВ, но при средней готовности вентиляции (вертикаль ВВС), зона определяется как зона класса 2, а при низкой готовности (вертикаль ВВП) — зона определяется как зона класса 1.

Далее при постоянной утечке, при среднем или низком уровне вентиляции независимо от уровня готовности вентиляции взрывоопасная зона вокруг источника имеет место и классифицируется как зона класса 0 (вертикали ВСХ, ВСС, ВСП, ВНХ, ВНС, ВНП).

Подобным образом отображены связи параметров вентиляции и классов зон для утечек 1 степени и утечек 2 степени.

8.4.4.3. Размеры взрывоопасной зоны

Размеры взрывоопасной зоны (схема В.Сх2) зависят от рассмотренных выше параметров вентиляции, от физико-химических характеристик материалов, образующих взрывоопасную смесь, и технологического процесса и оборудования, в которых обращаются материалы.

Интенсивность утечки (п. 4.4.1 ГОСТ) прямо пропорционально влияет на размер взрывоопасной зоны и определяется следующими свойствами источника утечки:

- геометрией источника утечки;
- скоростью истечения горючего вещества;
- концентрацией горючего вещества;
- испаряемостью горючего вещества;
- температурой жидкости.

Геометрия источника утечки определяется физическими характеристиками источника; примеры источников утечки из технологической установки и через проемы между зонами приведены выше в 8.4.4.1.

Скорость истечения горючего вещества из технологической установки зависит от давления технологического процесса и геометрии источника утечки.

Размер облака взрывоопасной смеси зависит от скорости истечения и скорости ее рассеивания (вентиляции искусственной или естественной).

Интенсивность утечки возрастает с увеличением концентрации горючего газа или пара в общем количестве высвобождаемого вещества.

Испаряемость горючей жидкости зависит от давления насыщенного пара и теплоты парообразования горючей жидкости. Вместо давления насыщенного пара можно ориентироваться на температуру кипения и температуру вспышки.

Взрывоопасная смесь не может существовать, если температура вспышки выше максимальной температуры горючей жидкости (с учетом температуры окружающей среды).

Отметим, что чем ниже температура вспышки, тем больше размеры взрывоопасной зоны.

При образовании тумана (распылении) в период утечки взрывоопасная смесь образуется при температуре, которая ниже температуры вспышки.

Рост температуры жидкости приводит к увеличению интенсивности утечки.

Физико-химические параметры веществ также влияют на размеры взрывоопасной зоны:

– нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) – НКПР;

– относительная плотность газа или пара при утечке

Чем ниже НКПР, тем больше размеры взрывоопасной зоны.

Газ или пар с относительной плотностью к воздуху менее 0,8 является легким, а с плотностью более 1,2 – тяжелым по отношению к окружающему воздуху.

Зона в горизонтальном измерении возрастает с ростом относительной плотности вещества утечки. Протяженность в вертикальной плоскости возрастает с уменьшением плотности вещества утечки.

При плотности вещества от 0,8 до 1,2 относительно плотности воздуха размеры зоны учитывают обе возможности распространения вещества утечки.

При определении размеров взрывоопасной зоны необходимо учитывать возможность проникновения горячего газа, который тяжелее воздуха, ниже уровня земли (например, в колодцы и траншеи), и поступления горячего газа, который легче воздуха в верхнюю часть помещения до уровня крыш.

Если источник утечки находится за пределами зоны или в прилегающей зоне, проникновение значительных количеств горячего газа или пара в зону может быть предотвращено следующими способами:

- с помощью физических барьеров;
- созданием избыточного статического давления в зоне, которая примыкает к опасной зоне, что предотвращает проникновение в нее взрывоопасного газа или пара;
- путем продувки зоны сильным потоком воздуха таким образом, чтобы обеспечить выход воздуха из всех отверстий, в которые может проникнуть горючий газ или пар.

Размеры зон определяются расчетным путем или с использованием нормативных документов на конкретные технологические процессы

Примеры расчета уровня вентиляции (ВВ, ВС, ВН), определения минимального объемного расхода свежего воздуха для рассеивания утечки, гипотетический объем и время существования утечки приведены в приложении Б.7 ГОСТ Р 51330.9-99. Расчеты уровня вентиляции и оценка его влияния на класс зоны производятся специалистами-технологами по приложению Б.4 ГОСТ Р 51330.9-99 для наружных установок или для помещений, оборудованных вентиляцией.

В случае, если помещение, в котором устанавливается технологическое оборудование не имеет вентиляции, размеры взрывоопасной зоны определяются технологами в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.3.047 (приложение Б).

Следует отметить, что методы расчета уровня вентиляции и размеров зон не являются точными. Однако использование в расчетах коэффициентов безопасности по отношению к НКПР (нижнему концентрационному пределу воспламенения) гарантирует, что ошибка в полученных результатах расчета приведет к повышению безопасности объекта. Как правило, коэффициент безопасности 0,25 применяется для постоянной утечки и утечки первой степени, а коэффициент безопасности 0,5 для утечки второй степени, т. е. имеет место четырехкратный или двукратный запас по надежности расчета.

Схема 8.Сх2 позволяет специалисту по разработке АСУТП, который владеет некоторыми данными по регламенту технологического процесса и по основным решениям вентиляции, как составной части обеспечения взрывопожаробезопасности

технологического процесса, сориентироваться в классификации взрывоопасных зон и с пониманием подойти к выбору оборудования и схем для применения в условиях конкретного производства.

Примеры классификации взрывоопасных зон для конкретных технологических процессов приведены в справочном приложении В.Пр1, составленном на основании приложения В ГОСТ Р 51330.9–99.

8.5. МЕТОДЫ, ВИДЫ И УРОВНИ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

8.5.1. Методы и виды взрывозащиты

Взрывоопасные зоны подразумевают наличие или возможность наличия взрывоопасных смесей различных веществ различной концентрации.

Для того, чтобы уменьшить или вовсе исключить опасность взрыва, существуют определенные методы взрывозащиты, направленные на ограничение воздействия взрыва внутри электрооборудования на окружающую среду:

- метод изоляции электрических элементов или горячих поверхностей оборудования от взрывоопасных смесей;
- метод предотвращения взрыва внутри оборудования путем ограничения электрической и тепловой энергии, возникающей в электрических элементах и поверхностях оборудования;
- метод сдерживания взрыва внутри конструкции, без распространения взрыва в окружающую атмосферу со взрывоопасной средой.

В таблице 8.Т11 приведена классификация видов взрывозащиты по ПУЭ, п. 7.3.33, ПИВЭ, ГОСТ Р 51330, стандартам IEC, CENELEC.

Там же приведены диаграммы взрывозащит и указаны зоны взрывоопасности, в которых возможно применение электрооборудования, имеющего соответствующие виды взрывозащит.

Предполагаемое использование электроаппаратов и оборудования различных видов взрывозащиты приведено в таблице 8.Т12.

Метод изоляции электрических элементов и горячих поверхностей реализуется конструкциями электрооборудования следующих видов:

- р – метод повышенного давления;
- q – заполнение негорючим порошкообразным материалом (кварцевый песок и др.);
- o – погружение в масло (или негорючую жидкость);
- m – герметизация.

Конструкция вида «р» вообще не допускает взрыва из-за противодействия проникновению взрывоопасной среды к искрящим или горячим частям электрооборудования.

Такой вид защиты обеспечивается вводом и удержанием в корпусе электрооборудования инертного газа, воздуха и пр. под давлением более 0,5 мбар относительно окружающей среды. Давление сохраняется путем непрерывного поддува инертного газа или взрывобезопасного воздуха, либо без поддува.

Давление инертного газа или воздуха следует контролировать с помощью самостоятельного прибора, который в случае падения давления немедленно отключает все неискробезопасные (взрывоопасные) цепи. Когда давление будет восстановлено, цепи вновь можно включить при условии, что внутри корпуса возможная взрывоопасная среда будет доведена предварительной продувкой до уровня ниже НКПР.

Защита вида «р» используется для больших невзрывозащищенных двигателей, трансформаторов, светильников, силовых кабелей и программируемых контроллеров, действующих в опасных зонах.

Различают два вида гермокорпусов:

– корпус с непрерывной продувкой;

– корпус с компенсацией потери давления, вызванного утечкой защитного газа из корпуса.

Конструкции видов «о», «т» подавляют возможность взрыва путем недопущения взрывоопасных смесей к электрическим и тепловым элементам оборудования (исключение составляют токоподводящие зажимы оборудования), вида «q» – путем минимального допуска взрывоопасной смеси через пустоты в порошковой массе к электрическим и тепловым элементам оборудования, что предотвращает воспламенение опасной атмосферы.

Защита вида «о» применяется, в основном, в электроустановках, которые во время работы или неисправности производят искры и/или повышают температуру поверхности до опасной.

Такой вид защиты используется в электродвигателях, трансформаторах, переключателях, однако защита вида «о» практически не используется в средствах автоматизации.

Защита вида «т» называется «герметизация», «залитое исполнение», «капсулирование» и имеет два метода герметизации или капсулирования электрокомпонентов:

– заключение в оболочку;

– заделка в вещество.

Герметизирующими материалами являются различного вида пластические материалы.

Используется этот вид защиты в электронных модулях средств автоматизации и в вычислительной технике, в малой мощности трансформаторах, предохранителях, реле и выпрямителях напряжения.

Защита вида «q» часто применяется в конденсаторах, батареях, трансформаторах.

Метод предотвращения взрыва внутри оборудования ограничивает подаваемую энергию (электрическую или тепловую) на внутренние элементы конструкции при нормальном и аварийном состоянии оборудования настолько, что не происходит воспламенения взрывоопасной смеси.

Такой метод используется в конструкциях вида «!» – искробезопасная электрическая цепь (за рубежом – внутренняя безопасность).

При этом виде взрывозащиты искробезопасность распространяется не на отдельное электрическое оборудование, а на всю искробезопасную цепь.

Искробезопасная электрическая цепь – цепь, которая не способна генерировать электрическую дугу, искры или оказывать тепловое воздействие, приводящие к взрыву опасной смеси при нормальном функционировании и при определенных помехах в аварийной ситуации.

Искробезопасная электрическая цепь включает:

- искробезопасное электроустройство, установленное во взрывоопасной зоне;
- соединительные кабели и провода;

– соединенное или связанное электроустройство, размещенное во взрывобезопасной зоне; минимум электрооборудования в цепи должно быть искробезопасно.

Защита вида «искробезопасная цепь» защищает электрооборудование и электропроводку в опасных зонах, включая повреждение, вызванное разрывом, коротким замыканием или случайным заземлением соединительного кабеля.

Согласно ГОСТ 12.2.020-76 существует три уровня искробезопасных цепей:

- ia – особо взрывобезопасный, когда условия безопасности сохраняются в случае двух одновременных и независимых повреждений цепи;
- ib – взрывобезопасный, при этом условия безопасности сохраняются при одном повреждении цепи;
- ic – повышенная надежность против взрыва.

Защита вида «i» допускает в цепи низкие уровни энергии до 180 мкДж, ток короткого замыкания 100 мА, максимальное напряжение 30 В.

Защита «i» широко используется в средствах автоматизации и АСУТП. При использовании защиты вида «i» необходимо ограничивать накопительную емкость, ввиду этого индуктивность и емкость цепи не могут превышать определенного значения.

Защита вида «п» является способом защиты от воздействия. Оборудование, имеющее защиту вида «п» подразделяется на неискрящее оборудование и искрящее оборудование. Неискрящее оборудование «пА» – при эксплуатации в обычных (нормальных) условиях не создает искрение/электрическую дугу и/или горячих участков поверхности.

Искрящее оборудование при обычной эксплуатации создает возможность искрения/возникновения электрической дуги и/или горячих поверхностей. При этом искрящее оборудование имеет следующие виды защиты вида «п»:

- «пС» – оборудование с запущенными контактами.

К устройствам с защитой вида «пС» относятся неламкинутые коммутационные устройства, не способные к возгоранию конструктивные элементы, герметично уплотненные, загерметизированные и закапсулированные устройства;

- «пR» – оборудование, защищенное от повреждения;
- «пP» – упрощенное капсулирование под избыточным давлением;
- «пL» – оборудование с низким потреблением энергии.

К оборудованию, имеющему защиту вида «п» – по ГОСТ Р 51330.14-99, – относятся оборудование, применяемое только для зоны 2, такое как светильники, электродвигатели, приборы: коммутационные, измерительные и регулирующие

Метод сдерживания взрыва внутри оборудования используется в конструкциях видов «d» и «e»:

- d – взрывонепроницаемая оболочка;
- e – повышенная безопасность.

Защита вида «d» предполагает заключение частей электрооборудования, которые могут поджечь взрывоопасную среду, в корпус, способный выдержать соответствующее давление взрыва внутри корпуса и предотвратить выход взрыва в окружающую взрывоопасную среду. Выход взрыва наружу невозможен из-за применения несгораемой плоскости соприкосновения (зазора), специально сконструированной из

подобранных материалов; расчетным путем установлены толщина стенок, ширина и длина зазоров.

Защита вида «d» используется часто для искрящих или нагревающих устройств (переключатели, электродвигатели, нагреватели, светильники и анализаторы).

При защите вида «e» принимаются меры, препятствующие с высокой степенью надежности возникновению появления искр и высоких (опасных) температур на тех частях электроустройства, на которых при нормальной работе их не бывает.

Используется этот вид защиты в маломощных электродвигателях, пускателях в системах управления, для преобразователей и трансформаторов, в распределительных коробках (соединительные пластины).

Имеется также специальный вид взрывозащиты «s» (Россия, Великобритания, Германия)

8.5.2. Уровни взрывозащиты

Уровни 2, 1 и 0 взрывозащиты электрооборудования определяются п. 6.6 ГОСТ Р 51330.0-99.

Уровень 2 «Электрооборудование повышенной надежности против взрыва».

Электрооборудование уровня 2 может обеспечиваться:

– взрывозащитой вида «i» с уровнем искробезопасной электрической цепи «ic» и выше;

– взрывозащитой вида «p», имеющей устройство сигнализации о недопустимом снижении давления;

– взрывозащитой вида «q»;

– защитой вида «e»;

– защитой вида «m»;

– взрывозащитой вида «d» для электрооборудования повышенной надежности против взрыва;

– масляным заполнением для электрооборудования группы II и заполнением негорючей жидкостью для электрооборудования группы I оболочек, удовлетворяющих требованиям взрывозащиты вида «o»;

– взрывозащитой вида «s».

Уровень 1 «Взрывобезопасное электрооборудование».

Электрооборудование уровня 1 может обеспечиваться:

– взрывозащитой вида «i» с уровнем искробезопасной электрической цепи не ниже «ib»;

– взрывозащитой вида «p» с устройством сигнализации и автоматического отключения напряжения питания, кроме искробезопасных цепей уровня «ia», при недопустимом снижении давления;

– взрывозащитой вида «d» для взрывобезопасного электрооборудования;

– специальным видом взрывозащиты «s»;

– защитой вида «e», заключенной во взрывонепроницаемую оболочку;

– заключением в оболочку, предусмотренную для защиты «p» с устройством сигнализации о снижении давления ниже допустимого значения электрооборудования группы II с защитой вида «e».

Уровень 0 «Особовзрывобезопасное электрооборудование».

Электрооборудование уровня 0 может обеспечиваться:

- взрывозащитой вида «i» с уровнем искробезопасной электрической цепи «ia»;
- специальным видом взрывозащиты «s»;
- взрывобезопасным электрооборудованием с дополнительными средствами взрывозащиты (например, заключением искробезопасных частей, звлинтых компаундом или погруженных в жидкий или сыпучий диэлектрик, во взрывонепроницаемую оболочку, или продуванием взрывонепроницаемой оболочки чистым воздухом под избыточным давлением при наличии устройств контроля давления, сигнализации и автоматического отключения напряжения при недопустимом снижении давления или при повреждении взрывонепроницаемой оболочки). При этом для отходящих соединений должен обеспечиваться уровень искробезопасных цепей «ia».

8.5.3. Сравнение видов взрывозащиты

При описании методов/видов взрывозащиты отмечено предполагаемое использование, применение электроаппаратов или электрооборудования, имеющего различные виды взрывозащиты, составлена таблица 8.Т12.

Таблица объединяет предполагаемое применение электрооборудования в краткий перечень, указывающий основные виды/типы электрооборудования по видам взрывозащиты.

В автоматизированных системах управления технологическими процессами АСУТП применяются в настоящее время технические средства малой и сверхмалой мощности. Исключение составляют электрические исполнительные механизмы, мощность которых может достигать нескольких киловатт. Поэтому для взрывозащищенного электрооборудования АСУТП чаще всего (90%) используется защита Exi (искробезопасная цепь). Используются также электроаппараты с защитой Exm, Exq, Exe, Exd. Не применяются, или применяются крайне редко, электроаппараты, имеющие защиту Exo, Exr, Exn.

Изделия со взрывозащитой Exm и Exq не требуют эксплуатационных затрат, кроме затрат при замене изделий из-за выхода изделий из строя, проверки состояния подключения проводов и кабелей к изделиям.

Электрооборудование Exe имеет специфичную конструкцию, в инструкции по монтажу и эксплуатации указываются необходимые правила по установке и обслуживанию данного оборудования.

Электрооборудование с защитой Exd предвзначено для локализации взрыва внутри корпуса оборудования, ввиду чего корпус выполняется из соответствующего материала с достаточной расчетной толщиной стенок, определенных длины и ширины зазора, съемных крышек и их крепежом и т. п.

Этот вид защиты требует постоянного наблюдения (в том числе за состоянием зазоров и крепежа крышек), трудоемок в эксплуатации.

Защита Exr применяется в АСУТП для возможности установки программируемых контроллеров или регистрирующих приборов не взрывозащищенного исполнения во взрывоопасных зонах. Технические средства размещаются в специальных шкафах, корпус которых позволяет организовать защиту типа Exr.

В то же время этот вид взрывозащиты применяется в электросиловом оборудовании.

Также в электросиловом оборудовании применяется защита вида Ех0

Ехп – защита, используемая для светильников некоторых видов электродвигателей.

Защита Ехi (ia, ib, ic) имеет природу схемы, которая исключает появление электрической дуги и искр, тепловых эффектов, способных вызвать воспламенение.

Ехi требует крайне низких уровней энергии и вследствие этого применяется в оборудовании систем автоматизации и АСУТП.

Техническое обслуживание оборудования с защитой Ехi можно проводить без снятия напряжения, в рабочем режиме.

Искробезопасная электрическая цепь имеет серьезные преимущества перед другими видами взрывозащит, главными из которых являются экономия затрат при установке оборудования, удобное техническое обслуживание, надежная эксплуатация.

8.6. МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ВЗРЫВОЗАЩИТЕ

8.6.1. Общие принципы маркировки

Примеры маркировки электрооборудования по взрывозащите и области его применения во взрывоопасных средах приведена в таблице 8.Т13.

Взрывозащищенное электрооборудование в Российской Федерации подразделяется по уровням и видам электрозащиты, группам и температурным классам взрывоопасных смесей (ПУЭ, издание 6, глава 7, пп. 7.3.31 и далее, ГОСТ 12.020-76).

Уровни взрывозащиты электрооборудования (см. 8.5.2):

– уровень 2 – «электрооборудование повышенной надежности против взрыва»; взрывозащита обеспечивается только в нормальном режиме работы;

– уровень 1 – «взрывобезопасное электрооборудование»; взрывозащита обеспечивается при нормальном режиме работы (уровень 2) и при признанных вероятных повреждениях по условиям эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты;

– уровень 0 – «особовзрывобезопасное электрооборудование»; взрывозащита уровня I дополнена средствами взрывозащиты, предусмотренными стандартами на виды взрывозащиты.

Виды взрывозащиты рассмотрены выше в разделе 8.5.1.

Взрывозащищенное оборудование в зависимости от области применения подразделяется на две группы:

– группа I – рудничное, подземное электрооборудование;

– группа II – оборудование для внутреннего и наружного использования (кроме рудничного).

Электрооборудование группы II, имеющее виды защит «d» и/или «i», подразделяется на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей по ПУЭ, 6 издание; по европейскому стандарту EN 50.014 подгруппы определяются по величине MESG для защиты вида «d» и по величине MIC для защиты вида «i» (таблица 8.Т14).

Температурная группа смеси (температурный класс) принята по таблице 8.Т2.

Пример маркировки взрывозащищенного электроустройства приведен в схеме 8.Сх3.

Пример маркировки приведен по ПУЭ, издание 6, ГОСТ 12.020–76 и по европейским нормам EN 50.014, действовавшим до 01 июля 2003 года

Директива 94/9/EG Европейского Парламента и Совета от 23 марта 1994 г. (ATEX 100 A), создающая единый европейский стандарт на электрооборудование и системы защиты, используемые во взрывозащитных областях, заменила с 01 июля 2003 г. все остальные до сих пор существовавшие нормы в этой области.

Помимо прочего, директива АТЕХ заново регулирует классификацию и маркировку электрооборудования, используемого во взрывоопасных областях.

Классификация:

– для горно-добывающей отрасли: группа I,

– для прочих взрывоопасных областей: группа II.

Дальнейшее подразделение происходит по категориям, регулирующим уровень безопасности для той или иной зоны: категории 1, 2 и 3. Также оборудование делится на электрооборудование, используемое в опасных областях с присутствием газов и взрывоопасных испарений (кодовая буква «G») или же пыли (кодовая буква «D»).

Категория 1 включает оборудование, которое гарантирует очень высокий уровень защиты и предназначено для использования в зонах, где взрывоопасная атмосфера состоит из газов, влаги, тумана или смесей воздуха и пыли и присутствует постоянно, или часто, или длительный период.

Средства защиты оборудования этой категории обеспечивают необходимый уровень защиты в случае сбоя оборудования:

– в случае сбоя одного средства защиты второе независимое средство защиты гарантирует необходимый уровень защиты;

– необходимый уровень защиты гарантируется в случае 2-х независимых друг от друга сбоев.

Категория 2 включает оборудование, которое гарантирует очень высокий уровень защиты и предназначено для использования в зонах, где взрывоопасная атмосфера состоит из газов, влаги, тумана или смесей воздуха и пыли, и наличие такой атмосферы весьма вероятно.

Средства защиты оборудования этой категории гарантируют необходимый уровень защиты, даже в случае частых нарушений или сбоев оборудования.

Категория 3 включает оборудование, которое гарантирует нормальный уровень защиты и предназначено для использования в зонах, где взрывоопасная атмосфера состоит из газов, влаги, тумана или смесей воздуха и пыли, и наличие такой атмосферы маловероятно или имеет место нечасто и на короткий период.

Средства защиты оборудования этой категории гарантируют необходимый уровень защиты при нормальной работе.

Классификация электрооборудования и пример маркировки по АТЕХ 100A приведен на рис. 8.Р2а.

Маркировка взрывозащиты по АТЕХ предусматривает, что оборудование имеет свидетельство соответствия и контроля, выданное специальными организациями государств – членом ЕС и признаваемое всеми членами ЕС.

В маркировке АТЕХ указаны:

– группа оборудования (I или II) для горной промышленности или остальных взрывоопасных областей;

- категория оборудования (1, 2 и 3), которая соответствует зонам взрывозащиты (0, 1, 2 для газов и 20, 21, 22 для пылевоздушных смесей);
- индекс газа или пыли (G, D).

Таким образом, потребитель взрывозащищенного оборудования, который выбирает сертифицированное оборудование, должен знать:

- место установки оборудования,
- взрывоопасную зону (0, 1, 2, 20, 21, 22) в месте установки оборудования;
- вид взрывоопасного вещества (газ, пыль).

По российским нормам в маркировке отсутствует указание о виде взрывоопасного вещества, но приведены данные по категориям и группам взрывоопасных смесей (I, IIA, IIB, IIC, T1 + T6), по которым согласно справочным таблицам (например, 7.3.3 ПУЭ и приложение А к ГОСТ Р 51330.11-99) определяется соответствие взрывоопасного вещества в месте установки оборудования и категории смеси.

Кроме того, в маркировке по ПУЭ указан вид взрывозащиты оборудования (d, ia, ib, ic, p, o, q, m, e, n, s).

8.6.2. Маркировка защиты вида «i»

Маркировка электрооборудования вида защиты «i», устанавливаемого во взрывоопасной зоне, дополнительно к общей маркировке взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76 должна содержать обозначение уровня ИБЦ (Ia – ia, Ib – ib, Ic – ic) и надпись «В комплекте...» (указывается сокращенное наименование комплекта электрооборудования или системы)»

На электрооборудовании, входящем в комплект нескольких электротехнических устройств, в надписи «В комплекте...» может указываться сокращенное наименование одного устройства. Об остальных устройствах указывается в стандартах или технических условиях на электрооборудование. На малогабаритном (миниатюрном) электрооборудовании надпись «В комплекте...» может не ставиться.

Примеры маркировок:

Электрооборудование группы I

PO Ia В комплекте...

PB Ib, Ia, Ib В комплекте...

Электрооборудование группы II

OExia IIC6 В комплекте...

IExib IIB6 В комплекте...

В электрооборудовании группы II, рассчитанном для применения в индивидуальном горючем газе или паре, вместо обозначения подгруппы и температурного класса по ГОСТ 12.2.020-76 указывается наименование этого газа или пара.

Пример: OExia аммиак «В комплекте...»

В электрооборудовании группы II, предназначенном для установки вне взрывоопасной зоны и имеющем искробезопасные цепи, в маркировке по ГОСТ 12.2.020-76 должны быть исключены знаки уровня взрывозащиты и температурного класса.

Пример маркировки: Exia IIC или ExIb IIA «В комплекте...»

Электрооборудование общего обозначения, не имеющее искробезопасных цепей, но входящее в комплект системы электрооборудования группы II, как правило, должно снабжаться табличкой с надписью «В комплекте _____»

В электрооборудовании, содержащем как искробезопасные, так и искроопасные цепи, табличка с надписью «искробезопасные цепи» должна устанавливаться:

- около штепсельных разъемов, на крышках зажимов или около зажимов, предназначенных для присоединения внешних искробезопасных цепей;
- на крышках, коробках или кожухах, закрывающих элементы искробезопасных цепей, внутри электрооборудования;
- на корпусе или крышке вводного устройства электрооборудования, объединенного в систему при помощи искробезопасных цепей.

На паспортной или отдельной табличке должны указываться:

а) максимально допустимое значение емкости ($C_{\text{доп}} = \dots$), индуктивности ($L_{\text{доп}} = \dots$) и сопротивления ($R_{\text{доп}} = \dots$) во внешней искробезопасной цепи, включая емкость и индуктивность присоединительных кабелей или проводов. Вместо емкости и индуктивности допускается указывать тип и максимальную длину внешних соединительных кабелей или проводов;

б) допустимый ток короткого замыкания ($I_{\text{кз}} = \dots$) и напряжение холостого хода ($U_{\text{хол}} = \dots$) на внешних зажимах искробезопасной цепи, если это необходимо для контроля в процессе эксплуатации электрооборудования.

Для малогабаритного электрооборудования указанные в настоящем пункте сведения допускается помещать только в эксплуатационной документации.

На каждом отдельно устанавливаемом электрооборудовании (внутри или снаружи) должна устанавливаться табличка с блок-схемой электрооборудования, на которой обозначены присоединительные зажимы.

8.7. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Электрооборудование, которое предполагается использовать во взрывоопасных зонах, следует выбирать с обязательным учетом специфических условий установки и эксплуатации оборудования.

Необходимо иметь зафиксированные данные по следующим условиям.

1. По нормам технологического проектирования определены классы и размеры взрывоопасных зон как в помещениях, так и в наружных установках.

При этом в технологических решениях применены защитные и профилактические мероприятия для снижения класса взрывоопасной зоны, такие как:

– установка системы вентиляции из одного или нескольких вентиляционных агрегатов;

– автоматическая сигнализация и автоблокировка в виде отключения электропитания установки при возникновении в любом месте помещения концентрации взрывоопасной смеси до 20% нижнего концентрационного предела распространения пламени или другие мероприятия.

2. Установлены параметры взрывоопасной среды в местах размещения электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны (наименования и физические свойства веществ, которые могут образовать взрывоопасные смеси; категория и группа взрывоопасных смесей).

3. Определена среда, окружающая электроустановку – температура, влажность, химическая активность и механическое воздействие на электрооборудование и др.

4. Проведен анализ маркировки взрывозащиты электрооборудования, а также данных заводской инструкции по монтажу и эксплуатации.

По перечисленным условиям проводится сравнение уровня и вида взрывозащиты электрооборудования с предполагаемыми условиями его установки и эксплуатации.

В наружных установках электрооборудование должно быть не только взрывозащищенным, но также пригодным для работы на открытом воздухе (категория IP по ГОСТ 14254-96) или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий и учитывать климатическое исполнение и размещение по ГОСТ 15150-69*.

В.В. ВИД ЗАЩИТЫ – ИСКРБЕЗОПАСНОСТЬ

В данном разделе более подробно рассмотрен вид защиты – искробезопасная электрическая цепь ИБЦ. Для этого имеются как минимум две причины:

1. Широкое использование ИБЦ в системах автоматизации и автоматизированных системах управления технологическими процессами; около 90% всех электроустановок систем используют вид защиты «Искробезопасная электрическая цепь».

2. Применение ИБЦ обусловлено выполнением дополнительных требований, распространяемых целиком на всю цепь, а не на ее отдельные элементы: при установке искробезопасных электрических цепей должна учитываться совершенно другая концепция установки. В других видах установки, в которых электрическая энергия в подключенную систему подводится таким образом, чтобы во взрывобезопасном окружении не могла возникнуть опасность взрыва. В ИБЦ вся электрическая цепь должна быть защищена от проникновения энергии из других электрических источников, так чтобы ограниченные значения энергии в электрической цепи не превышались, даже если происходит обрыв линии, короткое замыкание или заземление электрической цепи.

Целью правил установки искробезопасных электрических цепей является надежное разделение их от других электрических цепей.

Электрические цепи в системах управления процессами имеют во взрывоопасных областях преимущественно искробезопасное электрооборудование. Вид защиты от воспламенения – искробезопасность имеет в измерительной технике и технике управления большие преимущества:

– искробезопасное оборудование может быть произведено дешево, без больших затрат на корпусные конструкции;

– при эксплуатации разрешается производить измерения и калибровку, а также замену искробезопасных приборов без переключения напряжения;

– некоторое «простое» оборудование для использования его в искробезопасных цепях может не иметь сертификатов взрывозащиты.

Искробезопасная электрическая цепь – электрическая цепь, в которой для предписанных стандартом ГОСТ Р 51330.10-99 условий испытаний любые искрения не вызывают воспламенения с вероятностью большей 10^{-3} , а любое тепловое воздействие не способно воспламенить взрывоопасную смесь.

Типовая электрическая цепь содержит источник напряжения U , сопротивление R , индуктивность L , емкость C , и переключатель S , соединенные определенным образом (рис. 8.РЗ).

Для анализа электрической цепи на искробезопасность необходимо рассматривать реактивные элементы цепи (индуктивности и емкости), которые способны накапливать и отдавать энергию. Когда переключатель, расположенный в опасной зоне, разомкнут, конденсатор накапливает электрическую энергию, которая выделяется при замыкании переключателя, образуя электрическую искру. Таким же образом при замкнутом переключателе индуктивность накапливает магнитную энергию, которая выделяется в виде электрической дуги при размыкании переключателя. Значение энергии, выделяемой электрической цепью, должно быть ниже минимальной энергии поджигания газозвоздушной смеси, присутствующей в опасной зоне.

Основой искробезопасности как типа защиты является то, что для воспламенения взрывоопасной среды требуется определенная минимальная энергия воспламенения. В искробезопасной цепи в опасной зоне эта минимальная энергия отсутствует как при нормальной работе, так и при неисправности. Искробезопасность цепи достигается ограничением тока и напряжения. Поэтому тип защиты «искробезопасность» («i») ограничивается цепями с относительно низкими энергетическими уровнями.

В искробезопасной цепи ИБЦ в процессе работы или при неисправности, которые могли бы привести к зажиганию взрывоопасной среды, отсутствуют:

- искры или
- тепловые эффекты (рост температуры).

Следовательно, зажигание вследствие искр исключается, т. е. не возникает искр при размыкании и замыкании цепи, коротком замыкании или неисправности заземления.

При нормальной работе и неисправности исключается термическое зажигание, т. к. в искробезопасной цепи и кабелях невозможен избыточный рост температуры.

Искробезопасность может быть нарушена энергией, накопленной в цепи индуктивностями или емкостями (в т. ч. катушками измерительных приборов, длинными линиями).

Если в искробезопасной цепи имеется конденсатор в заряженном состоянии, он запасает энергию $1/2 CU^2$. При коротком замыкании энергия, освобожденная в точке замыкания, складывается из энергии в устройстве и энергии, запасенной в конденсаторе. Таким образом, наличие конденсатора в цепи в обязательном порядке должно быть принято во внимание по соображениям безопасности, т. к. Полная энергия искры должна быть меньше минимальной энергии зажигания.

В случае присутствия индуктивности в искробезопасной цепи накопленная энергия $1/2 LI^2$ освобождается при размыкании цепи; это следует принять во внимание при проверке искробезопасности.

Таким образом, при проверке искробезопасности цепи должны учитываться величины сопротивлений, емкостей и индуктивностей.

Для определения величин тока и напряжения, при которых искры в искробезопасной цепи еще не способны вызвать зажигание, используется экспериментальный метод: применяется стандартное контрольное искровое устройство, и результаты

документируются в виде так называемых минимальных воспламеняющих тока и напряжения по ГОСТ 22782.5-78. Далее по ГОСТ строится характеристика искробезопасности конкретной ИБЦ.

Минимальные кривые воспламенения построены для вероятности зажигания $\sim 10^{-3}$, т. е. в среднем имеет место одно воспламенение на 1000 замыканий или размыканий соответственно. Когда принимается во внимание коэффициент безопасности, вероятность зажигания снижается на 2–3 порядка (таблица 8.Т15).

Поскольку рост температуры устройства в искробезопасной цепи в основном определяется подводимой мощностью, то для обеспечения искробезопасности проверяемого электроустройства к нему не должны подводиться ток, напряжение или мощность, превышающие значения, указанные в сертификате электроустройства. Этот простой метод позволяет пользователю оценить характеристики роста температуры без необходимости проводить измерения.

Характеристики (кривые) искробезопасности построены в прямоугольной системе координат с логарифмическим масштабом.

Воспламеняющие величины экспериментально определены при напряжениях 7,5; 15; 24; 30; 45; 70; и 120 В:

- резистор: 1, 10, 100, 1000, 10 000 Ом;
- индуктивность: 1, 10, 100, мкГн, 1, 10, 100 мГн, 1, 10, 100 Гн;
- ёмкость: 100, 1000, 10 000, 100 000 пФ, 1, 10, 100 мкФ.

8.8.1. Минимальные кривые воспламенения омической цепи

На рис. 8.Р4 представлены минимальные кривые для цепей с очень малой индуктивностью и емкостью, также известные как омические цепи.

Энергия искры короткого замыкания — это произведение значений напряжения и тока, так что при малых токах допускаются высокие напряжения, а при низких напряжениях — большие токи.

Пары значений ток — напряжение на минимальных кривых воспламенения показывают значения, при которых искра уже не может вызвать воспламенение в процессе проверки на контрольном искровом устройстве.

Минимальный ток воспламенения может быть определен из минимальной кривой воспламенения при данном напряжении U_0 , т. е. при напряжении без нагрузки. Для того, чтобы не превысить максимально допустимый ток I_{cs} , т. е. ток короткого замыкания для искробезопасной цепи, необходимо учесть коэффициент безопасности. Ток короткого замыкания получается делением минимального тока зажигания, определенного минимальной кривой воспламенения на коэффициент безопасности 1,5.

При данном максимальном напряжении U_0 соответствующий минимальный ток воспламенения может быть найден из минимальной кривой воспламенения. Максимальный ток I_{cs} , допустимый для искробезопасной цепи, получается делением тока воспламенения на коэффициент безопасности 1,5. U_0 — напряжение холостого хода искробезопасной цепи, I_{cs} — ток короткого замыкания.

Пример на рис. 8.Р4.

$U_0 = 30$ В;

Минимальный ток воспламенения для категории смеси II C — 150 мА;

$$I_{\text{зв}} = \frac{150}{1,5} = 100 \text{ мА} - \text{ток для ИБЦ во взрывоопасной зоне 0 с атмосферой категории смеси ПС.}$$

Минимальная энергия воспламенения от искры сильно зависит от представительной взрывоопасной смеси, поэтому классификация взрывозащищенных электроустройств (I, IIА, IIВ, ПС) приводит к различиям минимальных кривых воспламенения.

При построении минимальных кривых воспламенения наиболее опасные газы категории смеси проверяются с использованием искрового контрольного устройства в наиболее опасной смеси с воздухом. Таким образом на практике применительно к категориям смеси IIА и IIВ может быть достигнуто снижение требований к искробезопасным цепям по сравнению с категорией смеси ПС. Это означает, что в соответствии с минимальными кривыми воспламенения могут быть использованы более высокие напряжения и токи. В нашем примере:

– для ПС – 150 мА; IIВ – 400 мА; IIА – 500 мА (без учета коэффициента безопасности),

– для ПС – 100 мА; IIВ – 267 мА; IIА – 333 мА (с учетом коэффициента безопасности = 1,5).

8.8.2. Минимальные кривые воспламенения для емкостных цепей

Емкостной цепью считается ИБЦ, в которой емкостные сопротивления обладают способностью к накоплению энергии в разомкнутой цепи. Искры, образующиеся в результате замыкания цепи, получают дополнительную накопленную энергию $E = \frac{1}{2} CU^2$. Как только поверхности начинают соприкасаться, сразу же течет большой ток; это может привести к плавлению или испарению микроскопически малых частиц поверхности, которые входят в состав так называемого искрения дребезга. Резистор, включенный в цепь разряда C , увеличивает время разряда и рассеивает часть накопленной энергии, что уменьшает энергию, выделяемую в месте замыкания цепи.

Самое большое напряжение в цепи (напряжение холостого хода U_0) связано с допустимой емкостью C в искробезопасной цепи. Эта зависимость определена экспериментально с помощью контрольного устройства и отражена в минимальной кривой воспламенения для емкостных цепей в приложении для различных величин сопротивления.

При использовании минимальных кривых воспламенения следует учитывать коэффициент безопасности: напряжение холостого хода U_0 необходимо умножить на коэффициент безопасности 1,5 и для полученного значения U_c по минимальной кривой воспламенения определить допустимую емкость C_d .

На рис. 8.P5 представлены минимальные кривые воспламенения для емкостных цепей (категория смеси ПС). Величина допустимой емкости C_d в искробезопасной цепи зависит от максимального напряжения в цепи (напряжения холостого хода) U_0 . Это напряжение должно быть умножено на коэффициент безопасности 1,5

Пример для категории смеси ПС:

$$U_0 = 24 \text{ В};$$

$$U_c \times 1,5 = 36 \text{ В, тогда } C_d = 200 \text{ нФ (из кривой } C + 15 \text{ Ом);}$$

$$C_d = 500 \text{ нФ (из кривой } C + 40 \text{ Ом).}$$

9. Давление

← Паскаль (Па)

→ Килопаскаль (КПа)

→ x : ←	кгс/м ²	→ x : ←
	kgf/m ²	
1	9,80665	10 ³

Техническая атмосфера ат кгс/см ²	→ x : ←	Бар бар	→ x : ←	Атмосфера атм.	→ x : ←	кгс/мм ²	→ x : ←
kgf/cm ²		bar bar		atmosphere at		kgf/mm ²	
98,0665	1,0197	100	1,0133	101,33		9806,65	

→ x : ←
4,882

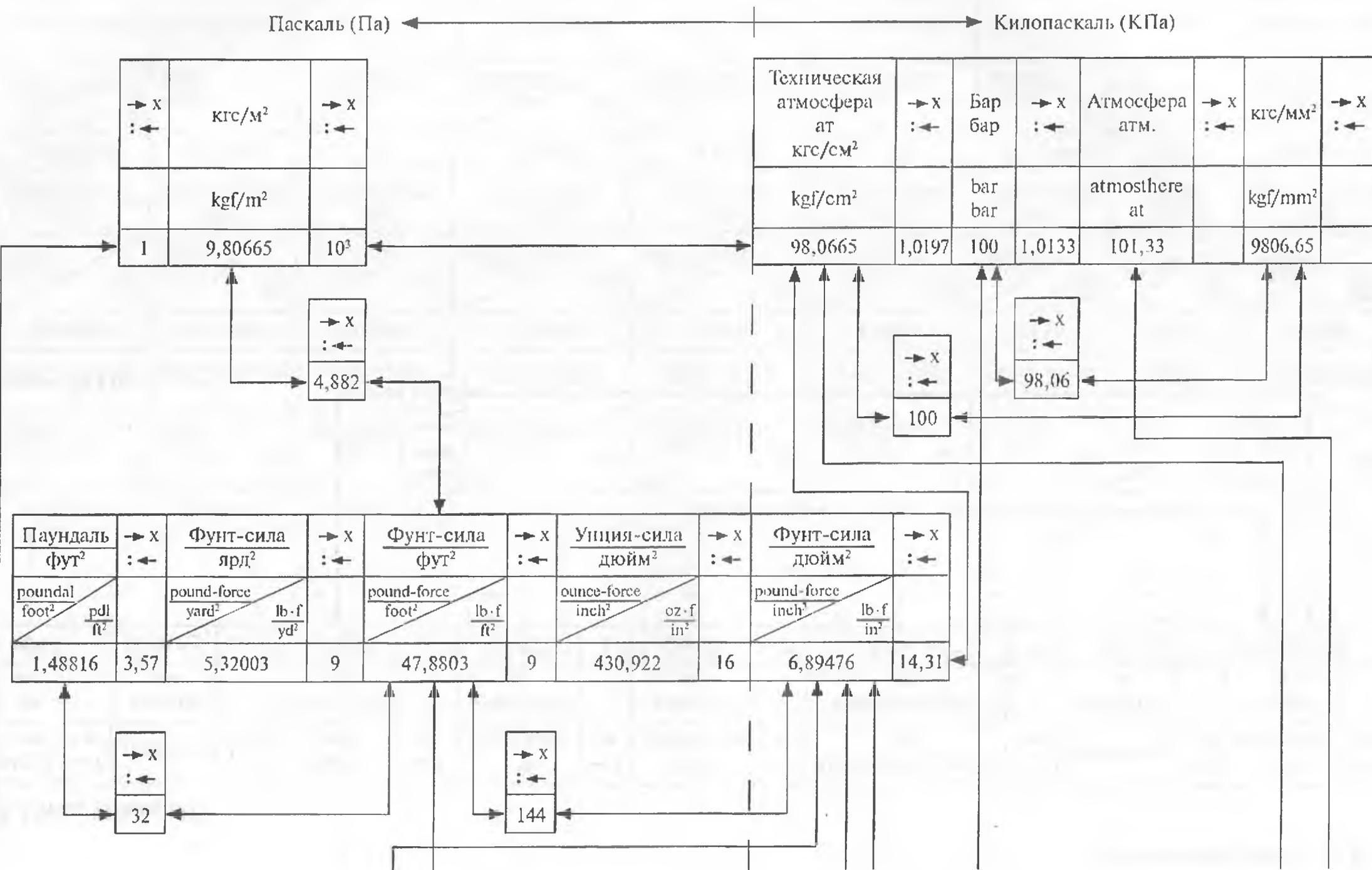
→ x : ←
100

→ x : ←
98,06

Паундаль фут ²	→ x : ←	Фунт-сила ярд ²	→ x : ←	Фунт-сила фут ²	→ x : ←	Унция-сила дюйм ²	→ x : ←	Фунт-сила дюйм ²	→ x : ←
poundal foot ²		round-force yard ²		round-force foot ²		ounce-force inch ²		round-force inch ²	
$\frac{pdl}{ft^2}$		$\frac{lb \cdot f}{yd^2}$		$\frac{lb \cdot f}{ft^2}$		$\frac{oz \cdot f}{in^2}$		$\frac{lb \cdot f}{in^2}$	
1,48816	3,57	5,32003	9	47,8803	9	430,922	16	6,89476	14,31

→ x : ←
32

→ x : ←
144



8.8.3. Минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей

Индуктивной цепью считается ИБЦ, в которой реактивное сопротивление, определяемое индуктивностью L , выше активного сопротивления R .

Индуктивности приводят к образованию искры при размыкании цепи.

Накопленная энергия $E = 1/2 LI^2$ создает высокое напряжение, когда контакты размыкаются, и через воздушный зазор проскакивает электрический разряд в форме дуги. Зависимость между максимальным безопасным током в течение короткого замыкания $I_{кз}$ и допустимой индуктивностью L_c также представляется в виде минимальных кривых воспламенения.

В этом случае также необходимо учитывать коэффициент безопасности при использовании минимальных кривых воспламенения; ток короткого замыкания необходимо умножить на коэффициент безопасности 1,5. Полученное значение тока даст соответствующую индуктивность L_c .

В общем, при использовании кривых воспламенения, следует учитывать, что они важны не только при проверке отдельных электроустройств, но и при соединении устройств в искробезопасную цепь. Необходимо отметить, что величины тока короткого замыкания $I_{кз}$ и напряжение холостого хода U_0 на минимальных кривых зажигания не присутствуют одновременно. Фактически, величины в искробезопасной цепи должны быть ниже.

На рис. 8.Р6 представлены минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей.

Цепи, содержащие элементы с индуктивным поведением, критичны к искре размыкания. Накопленная энергия определяется величиной индуктивности и амплитудой протекающего тока. Когда контакт размыкается, ток создает высокое напряжение, которое способно вызвать дуговой разряд в зазоре. Допустимая индуктивность L_c зависит от максимального безопасного тока $I_{кз}$ при замкнутом переключателе S . Здесь же следует учитывать коэффициент безопасности.

Пример для категории смеси ПС:

$$I_{кз} = 20 \text{ мА};$$

$$I_{кз} = 20 \text{ мА} \times 1,5 = 30 \text{ мА}, \text{ тогда } L_c = 85 \text{ мГ}.$$

8.9. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ИБЦ

8.9.1. Общие положения

Используя данные ГОСТ 22782.5–78, ГОСТ Р 51330.0–99 и ГОСТ Р 51330.10–99, составлена схема 8.Сх4, показывающая части искробезопасной системы.

В систему входит электрическое оборудование для взрывоопасной зоны (ЭО ВОЗ), электрооборудование для взрывобезопасной зоны (ЭО ВБЗ) и кабельная продукция.

В свою очередь ЭО ВОЗ, размещаемое во взрывоопасных зонах, подразделяется на элементарное (простое – по ГОСТ Р 51330.10–99) и искробезопасное электрооборудование.

Напомним, что по ГОСТ Р 30331.1–95:

8.8.3. Минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей

Индуктивной цепью считается ИБЦ, в которой реактивное сопротивление, определяемое индуктивностью L , выше активного сопротивления R .

Индуктивности приводят к образованию искры при размыкании цепи.

Накопленная энергия $E = 1/2 LI^2$ создает высокое напряжение, когда контакты размыкаются, и через воздушный зазор проскакивает электрический разряд в форме дуги. Зависимость между максимальным безопасным током в течение короткого замыкания $I_{кз}$ и допустимой индуктивностью L_c также представляется в виде минимальных кривых воспламенения.

В этом случае также необходимо учитывать коэффициент безопасности при использовании минимальных кривых воспламенения; ток короткого замыкания необходимо умножить на коэффициент безопасности 1,5. Полученное значение тока даст соответствующую индуктивность L_c .

В общем, при использовании кривых воспламенения, следует учитывать, что они важны не только при проверке отдельных электроустройств, но и при соединении устройств в искробезопасную цепь. Необходимо отметить, что величины тока короткого замыкания $I_{кз}$ и напряжение холостого хода U_0 на минимальных кривых зажигания не присутствуют одновременно. Фактически, величины в искробезопасной цепи должны быть ниже.

На рис. 8.Р6 представлены минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей.

Цепи, содержащие элементы с индуктивным поведением, критичны к искре размыкания. Накопленная энергия определяется величиной индуктивности и амплитудой протекающего тока. Когда контакт размыкается, ток создает высокое напряжение, которое способно вызвать дуговой разряд в зазоре. Допустимая индуктивность L_c зависит от максимального безопасного тока $I_{кз}$ при замкнутом переключателе S . Здесь же следует учитывать коэффициент безопасности.

Пример для категории смеси ПС:

$$I_{кз} = 20 \text{ мА};$$

$$I_{кз} = 20 \text{ мА} \times 1,5 = 30 \text{ мА}, \text{ тогда } L_c = 85 \text{ мГ}.$$

8.9. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ИБЦ

8.9.1. Общие положения

Используя данные ГОСТ 22782.5–78, ГОСТ Р 51330.0–99 и ГОСТ Р 51330.10–99, составлена схема 8.Сх4, показывающая части искробезопасной системы.

В систему входит электрическое оборудование для взрывоопасной зоны (ЭО ВОЗ), электрооборудование для взрывобезопасной зоны (ЭО ВБЗ) и кабельная продукция.

В свою очередь ЭО ВОЗ, размещаемое во взрывоопасных зонах, подразделяется на элементарное (простое – по ГОСТ Р 51330.10–99) и искробезопасное электрооборудование.

Напомним, что по ГОСТ Р 30331.1–95:

– **электрическое оборудование** – любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии (например, машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, электроприемники);

– **простое электрооборудование** – электрический элемент или комбинация элементов, имеющих простую конструкцию с точно определенными электрическими параметрами, совместимыми с допустимыми параметрами для ИБЦ, к которой они подключаются.

К простому электрооборудованию относят:

– пассивные элементы, такие как выключатели, разъемы, розетки, соединительные клеммные коробки, потенциометры, резисторы, термисторы, светодиоды;

– активные элементы, т. е. устройства, накапливающие энергию, имеющие точно известные параметры, например конденсаторы или катушки индуктивности;

– источники энергии, в которых любая из генерируемых ими величин не превышает 1,5 В, 100 мА и 25 мВт, например термопары, фотоэлементы.

Иногда выделяют комплексные пассивные устройства, такие как датчики с комплексной электроникой и устройства с трансформацией тока или напряжения с точным указанием внутренних характеристик (индуктивность, емкость и др.) в маркировке устройств.

Искробезопасное электрооборудование – электрооборудование, в котором все электрические цепи искробезопасны.

Искробезопасное электрооборудование имеет 3 вида взрывозащиты:

– Ex ia – особовзрывобезопасный;

– Ex ib – взрывобезопасный;

– Ex ic – повышенная надежность против взрыва.

Электрооборудование ИБЦ, предназначенное для установки во взрывобезопасной зоне (ЭО ВБЗ) называется связанным (встречается в переводной литературе наименование «соединенное», «локальное»).

Связанное электрооборудование – электрооборудование, которое содержит как искробезопасные так и искроопасные цепи, при этом конструкция электрооборудования выполнена так, что искроопасные цепи не могут оказать отрицательного влияния на искробезопасные цепи.

Связанное ЭО может:

– иметь взрывозащиту другого вида, отвечающую требованиям применения во взрывоопасной зоне;

– не иметь взрывозащиты (например, регистрирующий прибор, расположенный вне взрывоопасной зоны, с входной искробезопасной цепью термопары, установленной во взрывоопасной зоне).

Связанное ЭО может:

– ЭО, принимающее сигналы извне (из взрывоопасной зоны);

– ЭО, передающее сигналы наружу (во взрывоопасную зону);

– ЭО искробезопасного вида для сопряжения ЭО разных зон.

К ЭО, принимающему сигналы оборудования, размещенного во взрывоопасной зоне относятся контрольно-измерительные приборы, средства автоматизации, которые не передают энергию во внешние устройства во время нормальной работы; в аварийном режиме искробезопасность сохраняется путем ограничения энергии.

К ЭО, передающему сигналы от оборудования, размещенного во взрывобезопасной зоне относится оборудование, которое сконструировано таким образом, чтобы во всех режимах эксплуатации не были превышены опасные уровни энергии.

К ЭО, предназначенному для сопряжения между собой электрооборудования, размещенного во взрывоопасной и во взрывобезопасной зоне, исключаящего передачу опасной энергии во взрывоопасную зону, относятся ограничительные элементы.

Ограничительные элементы подразделяются на:

– пассивные барьеры (диодные барьеры безопасности) или блоки искрозащиты на стабилитронах БИС;

– активные барьеры (гальванически изолированные барьеры безопасности).

Различие между этими группами ограничительных элементов заключается в применяемых элементах для изоляции между взрывобезопасным оборудованием и электрическими цепями, обеспечивающими искробезопасность.

8.9.2. Искрозащитные разделительные барьеры

8.9.2.1. Пассивные барьеры

Барьер искробезопасности на диодах (стабилитронах) БИС – за рубежом барьер на шунтирующих диодах Зенера – барьер Зенера – представляет собой узел законченной конструкции, удовлетворяющий требованиям ГОСТ Р 51330.10-99; узел может изготавливаться в виде отдельного электрооборудования или части искробезопасного и связанного электрооборудования.

Барьеры безопасности образуют интерфейс между искробезопасными и искроопасными электрическими цепями. Они передают электрические сигналы в оба направления и ограничивают электрическую энергию, которая передается из взрывобезопасной во взрывоопасную область, при нормальной эксплуатации и в случае неисправности. Задача барьеров состоит в том, чтобы ограничивать ток и напряжения в случае неисправности в искробезопасной электрической цепи (рис. 8.Р7).

Рассмотрим две возможные неисправности:

- чрезмерно высокое напряжение на взрывобезопасной стороне,
- короткое замыкание на взрывоопасной стороне.

Если напряжение U превышает допустимое значение из-за неисправности на взрывобезопасной стороне защитного барьера, стабилитрон ограничит напряжение в искробезопасной цепи до пробивного напряжения стабилитрона. Предохранитель F защитит стабилитрон; в случае повышенного тока предохранитель перегорает до того, как на стабилитроне образуется перенапряжение или он выйдет из строя. Предохранитель и стабилитрон согласованы по характеристикам время–ток.

В случае короткого замыкания взрывоопасной цепи резистор R_c ограничивает ток короткого замыкания до допустимой величины.

Поскольку все компоненты защитного барьера обеспечивают защиту искробезопасной цепи совместно, они обычно заключаются в общий корпус.

Следует заметить, что защитные барьеры должны устанавливаться в безопасной зоне.

Несмотря на ограничение напряжения и тока, в искробезопасной цепи может возникнуть чрезмерно высокий потенциал относительно земли. Поскольку между

искробезопасной и неискробезопасной цепью нет гальванической изоляции, может быть принято следующее:

- эквипотенциальная шина (уравнивающий проводник) должна быть проведена по всей области искробезопасной цепи, которая находится в опасной зоне (рис. 8.P8);

- сопротивление между клеммой заземления защитного барьера и эквипотенциальной шиной не должно превышать 1 Ом (рис. 8.P9).

На рис. 8.P8 показан принцип работы эквипотенциальной шины, которая предотвращает циркуляцию токов через искробезопасную цепь в случае неисправности. Внутри системы исключается различие потенциалов искробезопасной цепи и проводящих частей системы.

Искробезопасные цепи могут заземляться только в одной точке. Если используется заземление на защитном барьере, то дополнительное заземление, например в опасной зоне, не допускается.

Использование защитных барьеров сопряжено с некоторыми недостатками. Например, барьеры имеют высокое проходное сопротивление, которое зависит от температуры. Более того, стабилитроны имеют утечку тока в диапазоне входных напряжений. Использование защитных барьеров для ограничения напряжения/тока без гальванической изоляции между искробезопасными и неискробезопасными цепями в зоне класса 0 не допускается, даже если устройство удовлетворяет требованиям категории «ia».

В системах измерения и управления не всегда допускается прямое заземление искробезопасных цепей. Для незаземленного полевого оборудования разработаны специальные защитные барьеры.

8.9.2.2. Активные разделительные устройства

Часто важно обеспечить гальваническую изоляцию между искробезопасной и неискробезопасной цепью по соображениям безопасности или измерительной техники (рис. 8.P10).

Что касается измерительной техники, то гальваническая изоляция обеспечивает лучшее подавление помех в дополнение к большей гибкости по взаимным связям с другими устройствами. Более того, можно обойтись без дополнительной эквипотенциальной шины (уравнивающего привода). Это важно для безопасности, когда, например, датчики искробезопасной цепи заземлены или не соблюдается напряжение изоляции 500 В относительно земли. Здесь гальваническая изоляция обязательна, т. к. искробезопасные цепи могут заземляться только в одной точке.

Для устройств с искробезопасными цепями, предназначенными для зоны класса 0, гальваническая изоляция необходима.

Преимущества гальванической изоляции следующие:

- возможно применение в зоне 0 (категория «ia»), т. к. установочные требования требуют гальванической изоляции;

- искробезопасные полевые устройства могут иметь функциональное заземление, так что при заземлении в одной точке не возникает циркуляционных токов;

- не требуется дополнительной эквипотенциальной шины, что облегчает установку.

Недостатки гальванически изолированных барьеров заключаются в значительной стоимости по сравнению с пассивными барьерами. Недостатком является также большая номенклатура устройств, сконструированных для применения с конкретными типами полевого оборудования.

8.9.3. Оценка искробезопасности электрооборудования ИБЦ

Оценку параметров элементов проводят с учетом допустимых отклонений от номинальных значений по паспортным данным изготовителя.

Все элементы, от которых зависит искробезопасность (кроме таких устройств как трансформаторы, предохранители, реле и выключатели, работающие при номинальной нагрузке), должны быть нагружены не более чем на $2/3$ от номинальных значений тока, напряжения и мощности с учетом рабочего диапазона температур и условий установки.

Электрооборудование ИБЦ должно иметь параметры, которые отвечают требованиям сравнения паспортных параметров простого, связанного, разделительного оборудования и кабеля между собой (таблица 8.Т16).

Для кабеля при отсутствии паспортных, сертифицированных данных можно применить представительные параметры на 1 км длины линии $L_k = 1$ мГн; $C_k = 110$ нФ.

В приложении А ГОСТ Р 51330.10-99 названы основные критерии оценки искробезопасных электрических цепей:

1. Соответствующая и достаточная электрическая развязка ИБЦ от других электроцепей.
2. Классификация по группам взрывоопасных смесей, по температуре самовоспламенения и максимальной температуре поверхности (таблица 8.Т2) с целью выявления допустимого нагрева элементов электрооборудования при выделении на них максимальной мощности.
3. Проверка допустимых тока, напряжения и мощности с помощью характеристик (кривых) искробезопасности.

8.9.4. Искробезопасная цепь с одним связанным устройством

Для обеспечения искробезопасности в искробезопасной цепи учитываются максимально допустимые значения индуктивности, емкости и температуры; эти значения не должны быть превышены при включении искробезопасного электроустройства в искробезопасную цепь.

Если в искробезопасной цепи имеется только одно связанное устройство, то должна выполняться процедура, изображенная на таблице 8.Т16. Максимально допустимые значения для искробезопасной цепи должны быть взяты из паспорта устройства; допустимая емкость C_c зависит от максимального безопасного напряжения U_0 (напряжение холостого хода), а индуктивность L_c зависит от тока короткого замыкания $I_{кз}$ связанного устройства.

Для устройства и кабеля, предназначенных для опасной зоны, должны быть определены эффективная емкость и индуктивность ($C_n + C_k$ и $L_n + L_k$). Для обеспечения искробезопасности проводится проверка, чтобы убедиться, что значения эффективной емкости $C_n + C_k$ и индуктивности $L_n + L_k$ не превышают максимально допустимых значений C и L .

У стандартных кабелей и линий для грубой оценки емкость кабеля принимается 110 нФ/км, а индуктивность 1 мГн/км.

В таблице 8.Т16 перечислены условия, которые следует учесть при соединении искробезопасного и связанного устройства.

Соблюдение максимально допустимой температуры обеспечивается изначально, если искробезопасное устройство удовлетворяет требуемому температурному классу. Кроме того, максимальные значения тока I_{\max} , напряжения U_{\max} и максимально допустимая мощность P_{\max} , которые не должны превышать во время работы, должны быть взяты из паспорта полевого устройства. Они являются основой для выбора связанного устройства, которое должно удовлетворять безопасным значениям U_o , $I_{кз}$ и P_c даже в случае неисправности.

Для многих типов искробезопасных устройств паспорт определяет максимальную допустимую мощность, для которой предназначено это устройство. В этих случаях для обеспечения искробезопасности связанное устройство не может отдавать большую мощность. Для электроустройств с омической характеристикой ограничения тока рассчитывается мощность как $P_c = 1/4 U_o \times I_{кз}$. В зависимости от характеристики электроустройства с электронным ограничением тока могут отдавать до $P_{\max} = U_o \times I_{кз}$.

Все электрические параметры помещены в таблицу 8.Т17.

В строке «связанное оборудование» помещаем значения параметров U_o (холостой ход), $I_{кз}$ (короткое замыкание), P_c (мощность связанного оборудования), C_c и L_c (емкость и индуктивность связанного оборудования соответственно).

В строке «Искробезопасное оборудование» указаны максимально допустимые значения U , I и P оборудования во взрывоопасной зоне, C_{II} и L_{II} полевого оборудования.

Строка «кабельное соединение» заполняется данными C_k и L_k либо по данным сертификата на кабель, либо из расчета 110 нФ/км и 1 мГн/км на длину кабельного соединения между полевым оборудованием и связанным оборудованием.

В строке «суммарное значение» суммируются соответственно значения емкости и индуктивности элементарного устройства и соединительного кабеля.

Строка «сравнение параметров и условия искробезопасности ИБЦ» составлена в соответствии с таблицей 8.Т17 и предназначена для проставления ответов «да» или «нет», фиксирующих соответствие или несоответствие условиям искробезопасности цепи по каждому из анализируемых параметров.

При отрицательном ответе необходимо изменить либо условия применения технического средства, либо применить иной тип электрооборудования.

8.9.5. Искробезопасная цепь с несколькими связанными электрическими устройствами

Для искробезопасных систем с двумя или более единицами связанных устройств должен быть проведен анализ. Для соединения искробезопасных цепей с более чем одним связанным устройством обеспечение искробезопасности должно быть подтверждено расчетами (или измерениями).

Должна быть тщательно проверена возможность суммирования токов и напряжений (рис. 8.Р17). Максимально допустимые емкость и индуктивность должны быть

определены для полного напряжения и полного тока. Однако, для зоны класса 0 подтверждение расчетами недостаточно: допускаются только сертифицированные соединения двух или более связанных устройств.

Компоненты соединенных устройств, используемые для ограничения тока и напряжения, не должны быть перегружены даже при неисправности; это должно быть подтверждено измерениями или расчетами. Различают два метода расчета для соединенных устройств:

- с линейной вольт-амперной характеристикой;
- при соединении с активным устройством, которое проявляет нелинейные вольт-амперные характеристики.

Из двух упомянутых методов расчета следует выбирать тот, который соответствует форме вольт-амперных характеристик всех соединительных устройств.

Рассмотрим линейные вольт-амперные характеристики устройств, ограничивающих ток неискробезопасной цепи (рис. 8.P11).

Линейная характеристика достигается ограничением тока через сопротивление (резистор) известной величины R .

Трапецеидальная характеристика получается применением сопротивления и стабилитрона в цепи ограничения тока.

Стабилитрон «срезает» напряжение при его повышении, при напряжении меньше U_D (срабатывании стабилитрона) характеристика принимает линейный вид, определяемый включенным в цепь сопротивлением.

Прямоугольная характеристика показывает ограничения тока при использовании электронного ограничителя тока.

Имея данные о параметрах применяемых устройств:

U_0 – напряжение холостого хода;

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания в цепи;

R – сопротивление устройства;

P_{max} – максимальная выходная мощность, можно определить вид характеристики.

При $P_{max} = 1/4 U_0 \times I_{кз}$ устройство обладает линейной характеристикой, а при $P_{max} = U_0 \times I_{кз}$ – прямоугольной характеристикой.

Для ИБЦ с несколькими связанными устройствами необходимо, заполняя таблицу 8.T17 аналогично 8.9.4:

1. Определить максимальное значение напряжения в ИБЦ (при параллельном включении связанных устройств выбирается большее из напряжений, а при последовательном – сумма напряжений устройств):

$$U_{max} \text{ умножается на коэффициент безопасности } 1,5; U_{max} \times 1,5 = U_{расч. max};$$

2. Определить максимальное значение тока короткого замыкания в цепи (при параллельном включении связанных устройств – токи устройств складываются, при последовательном – выбирается большее значение тока соединенного устройства):

$$I_{max} \text{ умножается на коэффициент безопасности } 1,5; I_{max} \times 1,5 = I_{расч. max};$$

3. По минимальным кривым воспламенения омической цепи для соответствующей группы электрооборудования проверяется условие: прямоугольник $U_{расч. max} \times I_{расч. max}$ должен находиться ниже омической кривой группы электрооборудования (ПС, ПВ, ПА, I) – рис. 8.P4;

4. По минимальных кривым воспламенения емкостной цепи для соответствующей группы электрооборудования по $U_{\text{расч.мах}}$ определяется максимально допустимое значение емкости;

5. Определенное значение максимально допустимой емкости по п. 4 должно быть больше (или равно) сумме емкостей полевого устройства и соединительного кабеля C_k (C_k определяется по разделу 8.9.3);

6. По минимальным кривым воспламенения индуктивной цепи для соответствующей группы электрооборудования по $I_{\text{расч.мах}}$ определяется максимально допустимое значение индуктивности;

7. Значение максимально допустимой индуктивности (п. 6) должно быть выше (или равно) сумме индуктивностей полевого оборудования L_n и кабеля соединения L_k (L_k определяется по 8.9.3);

8. В случае, если связанные устройства имеют невыраженное параллельное или последовательное включение, то суммирование токов и суммирование напряжений проводится обязательно, по ним определяются значения C и L согласно пп. 3, 4 и 6 и осуществляются проверки согласно пп. 3, 5 и 7.

Методика оценки искробезопасности цепей со связанным электрооборудованием, которое имеет компоненты с нелинейными вольт-амперными характеристиками, представлена в отчете W39 РТВ (Phisikalisch – Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Germany).

Метод по W39 можно использовать для подгрупп взрыва ПС и ПВ, при этом целесообразно минимизировать число взаимосвязанных в ИБЦ электроустройств. Для связанного электрооборудования количеством более одного необходимо определить суммирующую характеристику напряжение-ток путем графического сложения.

Все виды связанного электрооборудования необходимо учесть при определении суммирующей характеристики.

В ГОСТ 22782.5-78 (приложение 3) и ГОСТ Р 51330.10-99 (приложение А) приведены экспериментально установленные зависимости минимального воспламеняющего тока от индуктивности цепи и напряжений источника и зависимости минимального воспламеняющего напряжения от емкости цепи и ограничительного сопротивления для смесей подгрупп ПС, ПВ и ПА.

Отчет W39 содержит зависимости минимального воспламеняющего тока от напряжения при различных допустимых для каждой подгруппы смеси ПС и ПВ значениях индуктивности (таблица значений 8.Т18)

На рис. 8.Р12 воспроизведена минимальная кривая воспламенения для группы взрыва ПВ с максимальной индуктивностью 1 мГн в искробезопасной цепи.

Характеристика минимальных U/I воспламенения включает три компонента:

- предельную кривую для индуктивной цепи (кривая 1);
- предельную кривую для омической цепи (кривая 2);
- семейство кривых для определения максимально допустимой емкости C_c .

Сначала определяется подгруппа взрывоопасной смеси и максимальная полная индуктивность искробезопасной цепи. Затем на соответствующую минимальную кривую воспламенения накладывается полученная графически суммарная характеристика. Искробезопасность рассматривается в 3 этапа:

1. Искробезопасность омической цепи.

Суммарная характеристика не должна пересекать кривую 2. Чем больше значение максимальной полной индуктивности L_c цепи, тем ниже значение напряжения и тока для той же группы взрыва. Это означает, что если кривая 2 пересекается суммарной характеристикой, индуктивность должна быть уменьшена для того, чтобы сохранить искробезопасность омической цепи.

2. Искробезопасность индуктивной цепи.

Суммарная характеристика не должна пересекать кривую 1. Если необходимо допустить большую индуктивность, сохраняя в то же время искробезопасность омической цепи, в жертву приносится допустимая емкость искробезопасной цепи.

3. Определение максимально допустимой емкости.

Максимальная емкость искробезопасной цепи может быть взята из семейства кривых C_c . Максимально допустимая емкость соответствует предельной зависимости C от U с наибольшим значением C_c , которое еще не пересекается суммарной характеристикой (косая прямая линия вниз от кривой 1 — $C = f(U)$).

Пример оценки по отчету РТВ W39.

На рис. 8.P13 показано соединение трех электроустройств (блока питания, графопостроителя и электронного индикатора) с одним искробезопасным устройством (анализатором) с безопасными характеристиками. При нормальной работе блок питания является активным источником. В целях безопасности характеристики трех связанных устройств должны быть проверены в условиях неисправности.

В зависимости от неисправности две суммарные характеристики, показанные на рис. 8.P14, должны быть определены при суммировании токов и напряжений.

Когда две результирующие характеристики накладываются на диаграмму предельных кривых для подгрупп взрыва IIВ и индуктивности $L_c = 1$ мГн (рис. 8.P15), становится ясно, что эта цепь искробезопасна при следующих максимальных значениях:

$$U_o = 28,7 \text{ В}; I_{кз} = 264 \text{ мА}; P = 1,9 \text{ Вт}; L_a = 1 \text{ мГн}; C_a = 120 \text{ нФ}.$$

Эти значения определены по рис. 8.P15.

8.9.6. Конструктивные требования к ИБЦ

Требования изложены в ГОСТ 12.2.020-76, ГОСТ Р 51330.0-99, ГОСТ Р 51330.10-99 и определяют нижеследующее:

1. Общие требования к оборудованию ИБЦ, которые устанавливают 3 уровня ИБЦ по числу повреждений в аварийных режимах: ia, ib, ic, а также коэффициент искробезопасности K_1 (таблица 8.T15).

В Российской Федерации наиболее часто применяют коэффициент искробезопасности 1,5 к напряжению и току, и соответственно 2,25 по энергии, при оценке искробезопасности по температуре используют коэффициент 1,0.

Коэффициент искробезопасности — отношение минимальных воспламеняющих параметров к соответствующим искробезопасным (например $K_1 = \frac{I_{\text{воспл.}}}{I_1} \geq 1,5$).

2. Пути утечки и электрические зазоры между различными цепями определяются в зависимости от наибольшего амплитудного напряжения в одной из цепей (элементов) по таблице 8.Т19.

Пути утечки и электрические зазоры поясняются рис. 8.Р16.

Электрический зазор является наикратчайшим расстоянием в воздухе между проводниками, а **путь утечки** является наикратчайшим расстоянием по твердой поверхности.

Пути и зазоры, имеющие значения более $1/3$ значений, указанных в таблице 8.Т19, считаются повреждениями. Если путь утечки составляет $1/3$ и меньше указанных значений, цепи считаются замкнутыми между собой, и это соединение не входит в учет количества повреждений.

Обычно значение пути утечки больше, чем значение электрического зазора.

Зазор менее, чем 3 мм, но больше, чем 1 мм, должен рассматриваться как возможное повреждение.

При подключении внешних искробезопасных и искроопасных цепей, в том числе и сетевых, электрические зазоры между зажимами для присоединения кабелей или проводов указанных цепей и между изолированными участками присоединительных проводов должны составлять не менее 50 мм.

Зажимы для присоединения внешних искробезопасных и искроопасных цепей должны располагаться в разных вводных устройствах.

Соседние зажимы для присоединения искробезопасных цепей должны быть расположены на расстоянии по крайней мере 6 мм.

3. Изоляция элементов электрооборудования искробезопасной цепи должна выдерживать испытательные напряжения $U_{ном}$, указанные в таблице 8.Т20.

Значение $U_{ном}$ выбирается в соответствии со следующими указаниями. Между искробезопасными и искроопасными цепями в качестве исходного напряжения должна приниматься сумма амплитудных значений напряжений этих цепей. Если напряжение искробезопасной цепи составляет менее 20% напряжения искроопасной цепи, то в качестве исходного принимается напряжение искроопасной цепи. Между искробезопасными цепями, гальванически не связанными между собой, в качестве исходного должно приниматься наибольшее напряжение одной из цепей. Искробезопасные и гальванически связанные с ними искроопасные цепи должны иметь гальваническое разделение от силовой, сигнальной или осветительной сетей переменного тока.

4. Требования к монтажу, проводке, печатным платам, разделительным элементам, опторазвязкам, трансформаторам, химическим источникам тока, внутренним разъемам различного вида, зажимам.

5. Требования к оболочке, которые должны удовлетворять требованиям по степени защиты IP по ГОСТ 14254–80 для установки электрооборудования в электроустановках. При этом степень защиты корпуса должна быть не ниже IP20.

6. Требования к маркировке конструкций электрооборудования — изложены в разделе 8.6.

7. Требования к документации, которая должна быть достаточной для ознакомления и изучения конструкции, принципа действия, установки, монтажа и эксплуатации, ремонта электрооборудования и всей искробезопасной цепи.

На отдельно устанавливаемом оборудовании должна быть таблица с его блок-схемой с обозначением внешних зажимов.

8.10. РАЗРЯД СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Условия появления статических электрических зарядов и разрядов показаны в схеме 8.Сх5.

Любые перемещения твердого тела или жидкой среды относительно другого тела или среды производят разделение электрических зарядов по поверхностям вдоль перемещаемых тел или сред.

Если тело или среда является хорошим изолятором, то на нем/ней может произойти накопление электрического заряда, т. к. заряженные частицы, перемещаясь вдоль границы раздела тел/сред, не имеют возможности вернуться назад. При этом одно из тел/сред становится положительно заряженным, а другое – отрицательно заряженным.

Чем больше скорость перемещения тела/среды по отношению к другому телу/среде и чем ниже электропроводность тел/сред, тем больший заряд может накапливаться. Накопление количества статического электричества напрямую зависит от интенсивности накопления зарядов и от условий стекания заряда; вместо термина «стекание» употребляется термин «рассеивание» (*dissipativ – англ.*), а также «релаксация».

Заряды появляются при относительном перемещении двух находящихся в контакте тел/сред, слоев жидких и сыпучих материалов, при деформации, дроблении, разбрызгивании веществ, при их интенсивном перемешивании, кристаллизации, испарении, гравитационном разделении и т. п. (рис. 8.Р18).

Интенсивность (или скорость) возникновения зарядов определяются:

- физико-химическими свойствами материала (тел или сред), т. е. способностью материала образовывать заряженные частицы;
- физико-химическими свойствами материала технологического оборудования;
- площадью поверхности раздела между телами/средами;
- скоростью перемещения тел/сред между собою;
- турбулентностью подвижной среды.

Чем выше скорость перемещения тел/сред, тем выше возникающий заряд; зависимость заряда от скорости перемещения тел/сред – квадратичная: $Q = f(v^2)$.

Чем больше площадь поверхности раздела тел/сред, тем больше заряд. Это объясняет высокий уровень заряда на фильтрах, особенно имеющих мелкоячеистую структуру фильтрации.

Электростатические заряды непременно стекают с заряженного тела/среды. Процесс диссипации или релаксации начинается в момент возникновения заряда и может продолжаться также после окончания процесса возникновения заряда.

Способность жидких сред удерживать и накапливать заряд, препятствовать его релаксации определяется электросопротивлением жидкости.

Чем меньше электросопротивление, тем меньше способность жидкости накапливать заряд, чем больше электросопротивление, тем больше возможность накопления электрического заряда.

В зарубежных нормативах, как правило, рассматривается величина обратная электросопротивлению – электропроводность:

$$1 \text{ См} = \frac{1}{1 \text{ Ом}} \text{ (См – сименс).}$$

Удельное электросопротивление и электропроводность применяют для сравнения и расчетов характеристик конкретных жидкостей и условий их применения.

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{м} = \frac{1}{1 \text{ См/м}}; 1 \text{ См} = \frac{1}{1 \text{ Ом} \cdot \text{м}}; 1 \text{ пСм/м} = \frac{1}{10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{м}} \text{ (пСм — пикосименс)}.$$

В таблице 8.Т21 приведены величины удельного объемного сопротивления (Ом·м) и удельной объемной электрической проводимости (пСм/м) некоторых углеводородных жидкостей.

Считается, что жидкости, в том числе углеводородные, имеющие электросопротивление менее ($<$) 10^5 Ом·м не являются электропроводными (при условии отсутствия их разбрызгивания) — ВСН 10-72, п. 1-2-1.

Любой возникающий заряд при малом объемном электрическом сопротивлении ($< 10^5$ Ом·м) жидкости обычно рассеивается, стекает так же быстро, как возникает.

При этом в жидкости не должно быть воздушных капель и пузырей, а также механических частиц и тел, способных накапливать электрический заряд.

Степень накопления заряда в каждом конкретном случае определяется **временем релаксации** (relaxation time) — временем, в течение которого электрический заряд, присутствующий на поверхности тела/в среде вещества, либо в облаке тумана или пыли, стекает, рассеивается экспонентно до величины $1/e$ (т. е. приблизительно до 37%) от исходной величины.

Время релаксации τ в секундах определяется приблизительно уравнением:

$$\tau = 18 \cdot 10^{-12} \cdot \rho, \text{ (с), где } \rho \text{ в Ом} \cdot \text{м, или}$$

$$\tau = 18/\gamma, \text{ (с), где } \gamma \text{ в пСм/м.}$$

На рис. 8.Р19 показана общая зависимость между временем релаксации и электропроводностью (электросопротивлением) для углеводородных жидкостей.

Время пребывания (residence time) — период времени между прекращением воздействия, вызывающего возникновение заряда и последующей операцией обращения с телом/средой (материалом).

Например, временем пребывания жидкости является время прохождения жидкостью между фильтром тонкой очистки и наполняемым резервуаром, или временем между окончанием налива (заполнения) резервуара и временем проведения операции измерения и контроля (измерение уровня, температуры, отбор проб продукта).

Максимальное время пребывания обычно принимается равным 3τ , когда уровень электрического заряда снижается до безопасного.

Наличие мехпримесей и воды в продукте увеличивают время пребывания.

Однако для жидкостей с электропроводностью ниже 2 пСм/м рекомендуется время пребывания 100 с, если расчет не дает больший срок.

Аналогичное соотношение (τ , 3τ и 100 секунд) можно использовать для порошков и пыли, у которых время релаксации обычно короче, чем у жидкостей.

Твердые материалы разделяются на 3 основные группы, соответствующие поверхностному и объемному сопротивлению: проводники, изоляторы и полупроводящие материалы.

В проводниках заряд распространяется свободно, и если имеется путь для стекания заряда (например, на землю), тогда проводники не заряжаются.

Изоляторы обладают способностью длительно удерживать заряд; этот заряд трудно рассеять, даже соединив изолятор с землей.

Полупроводящие материалы располагаются посередине между этими двумя группами; хотя они имеют достаточно высокое сопротивление, чтобы накапливать заряд, этот заряд может рассеиваться достаточно быстро, что позволяет избежать опасности накопления большого заряда.

Полупроводящие материалы обладают удельным объемным сопротивлением выше 10^4 Ом·м, но не более 10^9 Ом·м, измеренным при температуре окружающей среды и влажности 50%.

Оборудование, изготовленное с применением таких материалов, считается электростатически безопасным, если оно заземлено перед его применением в зоне, где может присутствовать воспламеняющая атмосфера. Примером может служить измерительная аппаратура, такая как погружной щуп, изготовленный из дерева или полупроводящей пластмассы, либо стеклянная бутылка для взятия пробы.

Изоляционные материалы имеют более высокие значения удельного объемного сопротивления или поверхностного сопротивления по сравнению с полупроводящими материалами, и поэтому даже будучи заземленными, способны удерживать электростатический заряд, достаточный для возникновения электростатического разряда.

Проводящие материалы имеют более низкие значения этих электрических показателей. Они позволяют электрическому заряду быстро рассеиваться, если объект заземлен. Однако изолированные объекты, изготовленные из проводящих материалов, могут все же представлять опасность возникновения поджигающего разряда в некоторых рабочих условиях при искровом разряде.

Полупроводящее оборудование (например, шланги) имеет промежуточные величины сопротивления, которые достаточно малы, чтобы рассеивался электростатический заряд, но достаточно велики, чтобы ограничивать ток утечки до безопасных пределов. Сопротивление на единицу длины полупроводящего оборудования должно быть в диапазоне от 10^3 Ом·м до 10^6 Ом·м.

По мере накопления электростатического заряда увеличиваются электростатические поля и напряжения. Когда локальное значение электрического поля превысит величину 3 миллиона вольт на метр (записывается, как 3 МВ/м), изолирующая способность воздуха нарушается и происходит какой-либо один из видов электрических разрядов.

Основные три типа разрядов:

- «истинная» искра;
- кистевые разряды;
- коронные разряды.

Каждый из этих разрядов имеет различный риск поджигания горючих веществ статическим электричеством. Однако наибольший риск воспламенения присущ истинному искровому разряду (искры, образующиеся от изолированных проводников).

Истинные искры характеризуются четко определенным светящимся разрядом, несущим в себе высокую плотность тока. Они происходят через промежутки между токопроводящими предметами, напряжения на которых различны. Известным примером является автомобильная свеча зажигания.

Примерами потенциальных искровых зазоров являются промежутки между незаземленным транспортным средством и заземленным наливным, или между плавающим мусором в резервуаре и стенкой резервуара. Искры, вызванные электростатическим разрядом, возникают только в случае, если хотя бы один из электропроводя-

щих объектов заземлен недостаточно. Если электростатический заряд, накопленный на незаземленном объекте, должен разрядиться в виде истинной искры, потенциал вокруг промежутка должен превышать некоторое пороговое значение, которое обычно принимают 350 вольт. Однако чтобы такие искры вызвали зажигание, потенциал должен, в общем, превышать 1000 В (1 кВ).

Напряжение U , возникающее в теле, зависит от величины накопленного заряда Q и электрической емкости тела C . Оно может быть выражено в виде:

$$U = Q/C \text{ (вольт = кулон/фарада).}$$

Электрическая емкость тела зависит от его геометрических размеров, формы и положения и может измеряться в широких пределах. Именно поэтому электрический разряд так трудно предсказать, поскольку заряд одинаковой величины в незначительно различающихся условиях может создать напряжение, достаточное для образования истинной искры, а может и не создать.

Поскольку истинный искровой заряд может проходить только тогда, когда между двумя проводниками с различным потенциалом имеется искровой промежуток, и один или оба проводника заземлены недостаточно, ключевой предупредительной мерой является избегать наличие незаземленных проводников. Для этого необходимо:

— аккуратное и грамотное проектирование, строительство и техническое обслуживание оборудования, обеспечивающее достаточно хорошее заземление и/или электрическое связывание;

— применение таких рабочих процедур, которые создают соответствующие соединения с землей, предотвращение наличия падающих предметов, таких как инструменты, ключи, очки и т. п., а также предотвращение появления мусора (в особенности электропроводного, плавающего мусора) на участках, где он может приобрести электростатический заряд.

Кистевые разряды характеризуются короткими искрообразными разрядами, возникающими от отдельных участков поверхности непроводников и уходящих на закругленный проводник. Если потенциал такого разряда достаточно высок, он может быть поджигающим.

Коронный разряд представляет собой разряд путем ионизации вокруг небольшого заостренного проводника (диаметр < 5 мм или около того). Обычно это явление не становится поджигающим фактором, а помогает рассеянию заряда.

Кистевые и коронные разряды возникают между проводящими телами и их непроводящим окружением, или наоборот; например, между нижней частью наливного рукава и поверхностью продукта во время струйной погрузки автомобильной цистерны. В отличие от искрового разряда, в этих случаях участвует только один проводящий предмет. Хотя кистевой и коронный разряды могут возникать между заряженными (незаземленными) проводящими предметами и незаряженным окружением, более обычным для них является возникновение разряда между заземленным проводником и зарядами, скопившимися в окружающем материале (например, заряженным продуктом, находящимся в загружаемой автомобильной цистерне из вышеприведенного примера). Таким образом, в отличие от истинного искрового разряда, кистевые разряды и корона могут возникать даже в случае хорошего заземления всех проводящих объектов.

Существует расхождение по поводу величины потенциала, необходимого для возникновения поджигающих кистевых разрядов. Пороговое значение лежит где-то

между 25 кВ и 60 кВ, в зависимости от геометрии поверхностей и других факторов, что намного больше, чем порог 1 кВ, характерный для возникновения поджигающего истинного искрового разряда. Ключом к предотвращению возникновения высоких потенциалов на изоляционных материалах, таких как углеводородные жидкости, является применение разнообразных мер, которые могут включать в себя:

- ограничение скорости потока;
- использование добавок, снижающих накопление статического электричества;
- конструкция оборудования, предотвращающая появление потенциальных искровых промежутков;
- хороший технологический процесс и т. п.

Если во время разряда в зоне разрядного промежутка могут присутствовать горючие пары, то это вовсе необязательно означает, что такие пары воспламеняются.

Для зажигания паров искра должна обладать достаточной энергией.

В случае истинного искрового разряда считается, что минимальная энергия, необходимая для поджигания смеси бензин/воздух, составляет около 0,25 миллиджоулей (мДж).

Минимальная энергия воспламенения некоторых паро-, газо- и пылевоздушных смесей приведена в таблице 8.Т22.

Минимальная энергия зажигания некоторых пылей указана также в таблице 8.Т6. Характеристика воспламенения горючего газа приведена на рис. 8.Р2.

На практике действуют другие факторы, которые повышают необходимую энергию, и, поэтому, определяют — произойдет ли зажигание, или нет. К этим факторам относятся:

- энергия, поглощаемая на сопротивлениях разрядной цепи (т. е. на сопротивлениях частей, которые образуют разрядный промежуток);
- искровой промежуток, который слишком узок, так что энергия разряда теряется на нагрев электродов, образующих этот промежуток;
- искровой промежуток, который слишком широк, так что выделяющаяся энергия не достаточно сконцентрирована, чтобы вызвать зажигание.

Искра должна иметь достаточную энергию, чтобы преодолеть факторы, препятствующие зажиганию. Могут образовываться некоторые искры, энергия которых не достаточна для зажигания, и эти искры называют **не поджигающими искрами**.

Если с помощью примененных мер уровни зарядов удастся снизить наполовину, энергия, имеющаяся для образования искры, снижается в 4 раза с соответствующим уменьшением риска появления **поджигающей искры**, т. е. искры, имеющей достаточную температуру и энергию, чтобы поджечь горючее вещество.

В случае кистевых разрядов, в отличие от истинного искрового разряда, риск воспламенения с энергией разряда обычно не соотносят. Это объясняется, отчасти, тем, что энергию кистевого разряда не так просто определить, а, отчасти, тем, что в отличие от истинного искрового разряда, энергия кистевого разряда напрямую не связана с энергией, накопленной на конкретном объекте. (Истинный искровой разряд рассеивает почти всю энергию, накопленную на незаземленном проводнике. Кистевой разряд рассеивает малую, но переменную и неизвестную часть энергии, накопленной на изоляционных материалах, представленных на объекте). Поэтому в случае кистевых разрядов обычно принято просто считать, что потенциал не должен превышать пороговую величину (25–60 кВ), тогда возможно образование поджигающих разрядов.

При некоторых условиях, возможно получить разряды, называемые коронными, которые обычно видны, как фиолетовое свечение. Хотя коронные разряды обычно считаются не поджигающими, их следует воспринимать как предупреждение, поскольку они явно указывают на наличие высоких уровней накопленной энергии.

Для туманов, распыленных струй, пыли и порошков уровни энергии, необходимой для зажигания выше, чем для паров углеводородов, но к ним также применимы приведенные выше соображения. Важно отметить, что жидкости, обрабатываемые при температуре ниже их температуры вспышки, могут так же образовывать воспламеняющую атмосферу, если они находятся в виде тумана или распыленной струи.

Чтобы произошел истинный искровой разряд, должен существовать искровой промежуток, расположенный таким образом, чтобы в нем мог разрядиться накопленный разряд. Для возникновения кистевых разрядов необходим скругленный заземленный электрод, выступающий в зону, которая приведена в состояние высокого потенциала заряженным изоляционным материалом.

Искровой промежуток представляет собой зазор между:

- двумя проводящими предметами, которые электрически не связаны между собой;
- заземленным проводящим предметом и заряженным изоляционным материалом (твердым или, чаще всего, жидким).

В принципе, искровые промежутки могут образовываться также между заряженными незаземленными проводящими предметами и окружающими их изоляционными материалами (жидкостью, твердым телом или газом), либо между заземленными проводящими предметами и заряженными суспензиями капель или пыли в воздухе.

Разряд статического электричества может вызвать воспламенение при следующих условиях:

- в искровом промежутке должно быть наличие паровоздушной смеси, находящейся в диапазоне концентраций воспламенения, либо воспламеняющейся пыли, тумана или аэрозоля;
- должны присутствовать средства, необходимые для возникновения статического заряда;
- заряд должен накапливаться до уровня, который обеспечивает достаточную энергию, чтобы инициировать поджигающий искровой или кистевой разряд;
- должен иметься искровой промежуток для поджигающего разряда.

Для возникновения воспламенения необходимо одновременное сочетание большого числа условий. Многолетний опыт, связанный со статическим электричеством, показывает, что время от времени все еще происходят неприятные инциденты. Их последствия в виде ущерба здоровью людей и собственности чрезвычайно серьезны, так что очень важно уметь контролировать условия, которые приводят к воспламенению.

Ниже приведены меры предосторожности, которые следует учитывать и принимать. Следует подчеркнуть, что нельзя полагаться только на одну меру предосторожности, но всегда, когда это возможно практически, следует уделить внимание принятию нескольких мер, снижающих риск несчастных случаев, связанных со статическим электричеством.

Так как возникновение статического заряда вызывается относительным перемещением двух или более фаз жидкостей, газов или твердых тел, то меры предотвращения могут быть следующими:

– уменьшение или полностью исключение некоторых перемещений;

(например, избежание наличия высокого уровня свободной воды на дне резервуара перед закачкой нефтепродуктов поможет предотвратить нарушение покоя воды и ее диспергирование в нефтяной фазе в виде мелких капель, что может приводить к образованию электростатического заряда; исключение погрузки наливом сверху также будет снижать риск появления электростатического заряда);

– уменьшение скорости потока;

(чем меньше скорость потока, тем ниже скорость возникновения заряда, тогда как время, имеющееся для рассеивания заряда, увеличивается).

Заряды могут накапливаться до опасных уровней, если у них нет возможности рассеиваться.

Скорость рассеяния заряда можно увеличить, если повысить электропроводность жидкости.

При тщательном проектировании и выборе подходящих материалов для конструкции можно добиться достаточно высокой способности к релаксации заряда между потенциальными источниками заряда и другим рабочим оборудованием, которое может создать искровой промежуток с присутствующими в нем воспламеняющимися парами.

(Рекомендуется минимальное время пребывания 3 секунды, но не менее 100 секунд для продукта с электропроводностью ниже 2 пСм/м, если в результате оценки риска не будут получены другие значения. Заземленный успокоительный колодец или погружная труба, которые проходят до дна резервуара, облегчают быстрое рассеяние электростатического заряда из жидкости, находящейся внутри такого колодца или трубы).

Должны быть обеспечены условия, чтобы во время работы или технического обслуживания конструкция не изменялась таким образом, что будет утрачена способность релаксации заряда.

Возможность образования поджигающей искры может быть сведена к минимуму следующими мерами:

– все проводящие части оборудования должны быть надежно электрически связаны между собой, чтобы свести к минимуму разность электрических потенциалов в любом искровом зазоре, который имется или может образоваться при погрузочных или заливочных операциях; если необходимо, этого можно достигнуть с помощью связывающих проводов или соединительных полос (если два возможных электрода имеют одинаковый потенциал, между ними не может возникнуть искра);

– конструкция оборудования исключает все возможные искровые промежутки при всех вероятных рабочих условиях;

– недопущение наличия предметов, которые могут создавать искровой промежуток, например, оборудование для замеров или отбора проб, которые вводятся в паровое пространство до тех пор, пока не рассеется весь заряд.

(Такое оборудование можно безопасно вводить в любое время при условии, что это делается через правильно сконструированный успокоительный колодец, погружную трубу или трубу для измерения уровня жидкости).

«Связывание» соответствует электрической неразрывности между элементами, входящими в данное оборудование. Когда оборудование полностью изготовлено из

металла, связывание обычно достигается при строительстве и монтаже, но в некоторых обстоятельствах, когда сомнительно наличие контакта металл-металл, для обеспечения непрерывной электрической связи с низким сопротивлением между компонентами оборудования может потребоваться отдельная металлическая полоса. В общем случае электрическое сопротивление, связывающее соединение между объектами, не должно превышать 10 Ом.

Заземляющее соединение, которое должно использоваться для рассеяния электростатического заряда, не должно быть соединено с заземляющей системой электрической установки из-за возможности ввода в устройство защиты от статического электричества паразитных токов электрической системы.

В общем случае, когда необходимо заземлять части, которые являются изолированными из-за присутствия в них непроводящих участков — фитингов и т. п., или заземлять металлическое оборудование, которое изолировано от земли непроводящими противокоррозионными покрытиями, соединение с заземляющей системой соответствующей сети электрического питания может быть выполнено через электрическое сопротивление не менее 10^5 Ом, но не более 10^6 Ом. Кабели для таких соединений должны быть медными, в пластмассовой изоляции, имеющими сечение 4 мм^2 .

Следует позаботиться об обеспечении того, чтобы металлические экраны кабелей были заземлены только в одной точке и не представляли собой заземляющий путь для токов, вызванных неисправностью электрооборудования.

Воспламеняющаяся газоздушная смесь (или пыль, туманы, аэрозоли) неизбежно присутствует в искровом промежутке до возникновения искры. Каким образом изменить концентрацию смеси и обеспечить ее невоспламеняемость, либо исключить взрывоопасную смесь указано в подразделе 8.3.

Трудно гарантировать, что каждая отдельная мера будет иметь должную эффективность. Поэтому всегда следует уделять внимание тому, чтобы иметь более одного метода защиты от опасностей, связанных со статическим электричеством.

8.11. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИМПУЛЬСЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Взрывобезопасность АСУТП может быть нарушена помехами, вызванными напряжениями очень короткого действия (от нескольких десятых микросекунд (мкс) до нескольких миллисекунд (мс)) и высокой амплитуды напряжений, которая может достигать нескольких кВ.

Импульсы напряжения появляются вследствие ударов молнии, электростатических разрядов и переходных процессов в электросиловом коммутационном оборудовании.

Большая энергия, заключенная в разряде молнии, может парализовать работу технических средств АСУТП.

Включение осветительных приборов, сварочных аппаратов, работа тиристоров, переключение электропотребителей большой мощности и т. п. также может вызвать появление импульсов высокого напряжения.

Несмотря на то, что такие помехи имеют незначительную энергию, но их резкий, «взрывной» фронт и увеличивающиеся значения наведенных напряжений и токов отрицательно отражаются на работе приборов и средств вычислительной техники.

Опасные воздействия молнии приведены в схеме 8.Схб.

Защита электроустановок от грозовых импульсных разрядов осуществляется созданием на объекте грозозащитных зон и установкой молниеотводов (молниезащита рассмотрена в 7 главе).

Тем не менее, сверхмощные импульсы напряжения являются трудно предсказуемым, но неизбежным фактором при эксплуатации АСУТП, особенно АСУ территориально рассредоточенных технологических объектов и сетей передачи данных.

Разряд молнии характеризуется параметрами, приведенными в таблице 8.Т23.

Из таблицы видно, что продолжительность разряда составляет 0,3 миллисекунды, а напряжение достигает сотен миллионов вольт, пик электрического тока около 200 килоампер.

Высокая скорость нарастания тока и напряжения, которая, как правило, отводится на землю, через заземляющие устройства объекта управления, приводят к наведенным токам и напряжениям в смежных электрических проводках. Наведенные физические величины передаются по кабелям и проводам на средства автоматизации и вычислительной техники с микропроцессорными элементами, энергия потребления которых невелика (10–20 микроджоулей).

Для защиты частей искробезопасных цепей от импульсных высоковольтных помех дополнительно к разделительным барьерам (см. раздел 8.9) применяются специальные защитные элементы или модули.

Защитные устройства должны удовлетворять трем параметрам:

- величине амплитуды импульса;
- времени достижения импульсом 90% максимального значения (t_{90});
- времени спада импульса до 50% максимальной амплитуды (t_{50}).

Различают импульсные токи:

$I_{н\ ном}$ – номинальный импульсный разрядный ток, имеющий установленную форму 8/20 мкс, который может протекать 5 раз за 30 секунд через защитное устройство без повреждения последнего;

$I_{н макс}$ – максимальный импульсный разрядный ток, ток той же формы импульса (8/20 мкс), который без повреждения ЗУ протекает один раз.

Формы импульсов напряжения 1,2/50 мкс и тока 8/20 мкс по ГЕС 60060-1 приведены на рис. 8.Р20. Основная задача защитного устройства – ограничение напряжения до безопасного уровня (500 В) и отвод импульсов тока до 10 кА на землю в формате 8/20 мкс.

8.12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глава должна помочь специалистам по разработке систем автоматизации и автоматизированных систем управления технологическими процессами в ознакомлении с проблемами взрывобезопасности технологического объекта управления ТОО и вопросами взрывозащиты АСУТП и СА, как одного из видов электроустановок.

Краткое текстовое изложение вопросов взрывобезопасности и взрывозащиты дополнено поясняющими таблицами и рисунками. Материалы содержат многочисленные ссылки на действующие в Российской Федерации нормативно-технические документы, в некоторых материалах приведены сравнительные данные российских норм с международными, европейскими и североамериканскими нормами.

Знакомство с основами взрывобезопасности ТООУ и взрывозащитой электроустановок позволяют проектировщикам ориентироваться:

— при создании структурной схемы комплекса технических средств с организацией сбора информации и выдачей управляющих воздействий;

— при размещении щитовых помещений, постов управления, операторских и диспетчерских пунктов;

— в выборе так называемого «полевого» оборудования, датчиков и первичных приборов, средств искрозащиты и защиты от напряжений, вторичных приборов и микроконтроллерной техники, связанными с полевым оборудованием во взрывоопасных зонах;

— в установке полевого оборудования на технологических аппаратах и трубопроводах;

— при выборе кабелей и кабельных вводов;

— при определении основных направлений кабельных и трубных проводок;

— в способах прокладки кабельных и трубных проводок.

Конкретные рекомендации по перечисленным проектным решениям приведены в соответствующих главах «Методического пособия».

Проектировщик СА и АСУТП, используя ссылки на действующие НТД, может в своей работе изучить требования нормативных документов, ознакомиться с рекомендациями нормативно-технических документов по основным вопросам проектирования систем для технологических объектов со взрывоопасными продуктами, используемыми в производстве.

Большую помощь при подготовке материалов данной главы оказали статьи господина В. К. Жданкина, опубликованные в журналах «Современные технологии автоматизации СТА». Специалистам, которым необходимы знания по взрывозащите и взрывобезопасности оборудования, настоятельно рекомендуем ознакомиться со статьями в журнале СТА. Статьи содержат систематизированное, достаточно полное изложение указанных тем с большим количеством примеров, рисунков и таблиц, основанных на анализе действующих российских и западно-европейских нормативно-технических документов, на использовании, во многом, примеров из материалов по взрывозащите фирмы «Perregrl + Fuchs».

Кроме основополагающих НТД, перечень которых приведен в 8.13, и указанных статей В. К. Жданкина, при подготовке 8 главы также использованы технические материалы, каталоги и рекламные брошюры зарубежных организаций, перечень которых дан в 8.14.

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

ГОСТ 12.1.010-76*	ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.1.011-78 (СТ СЭВ 2775-80)	ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.
ГОСТ 12.2.020-76	ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка.
ГОСТ 30331.1-95	Электроустановки зданий. Основные положения.

ГОСТ 22782.5-78* (СТ СЭВ 3143-81)	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь».
ГОСТ Р 12.3.047-98	ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
ГОСТ Р 51330.0-99 (МЭК 60079-0-98)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.
ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.
ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь «I».
ГОСТ Р 51330.11-99 (МЭК 60079-12-78)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.
ГОСТ Р 51330.19-99 (МЭК 60079-20-96)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования.
ГОСТ Р 51330.22-99 (МЭК 61242-2-1-99)	Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламеняемости горючей пыли. Часть 3. Классификация зон.
ГОСТ 14254-96	Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты.
ГОСТ 15150-69*	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения, транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды.
ВСН 10-72	Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.
ПТВЭ-63	Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования.
ПТВРЭ (ОАА.684.053-67)	Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования.
ПУЭ-87	Правила устройства электроустановок. Издание 6. Раздел 7. Главы 7.3; 7.4.

8.14. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ГЛАВЕ

1. В. К. Жданкин. «Некоторые вопросы обеспечения взрывобезопасности оборудования». СТА, 1998 г., № 2.
2. В. К. Жданкин. «Вид взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь”». СТА, 1999 г., № 2.
3. В. К. Жданкин. «Взрывоопасные зоны, сравнение видов взрывозащиты». СТА, 2000 г., № 1.

4. В. К. Жданкин. «Оценка искробезопасности электрических цепей». СТА, 2000 г., № 3.
5. В. К. Жданкин. «Защита приборов и средств автоматизации от высоковольтных импульсов напряжения». СТА, 2002 г., № 4.
6. Модульные приборы низкого напряжения System pro M. Фирмы «АББ Индустрия» и «Стройтехника»
7. "INTRODUCTION TO INTRINSIC SAFETY" фирмы "ELCON INSTRUMENTS, INC".
8. FONDISONZO ITALIA.
9. «Руководящие принципы контроля опасностей, связанных со статическим электричеством». Часть 21 (перевод с англ.) институт Нефти, Лондон.
10. Каталог продукции. Фирма «MTL».
11. The Nemko Ex-Guide (Норвегия).
12. «Взрывозащита электрических приборов» (перевод с нем.). Фирмы «Pepperl + Fuchs».
13. «Взрывозащита, справочник. Взрывозащита с помощью искробезопасности» (перевод с нем.) фирмы «Pepperl + Fuchs».
14. «S5 – 100Ex» (перевод с нем.). Фирмы «Siemens».
15. «Einführung in den Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel nach EN 50014...50020» фирмы «STANL».
16. «Взрывозащита на химических и петрохимических установках» (перевод с нем.) фирмы «STANL».

8.15. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Авария.....	8.4.4.1
Барьер искробезопасности на диодах (стабилитронах) БИС.....	8.9.2.1
Взрыв	8.1
Воспламенение.....	8.3
Вспышка.....	8.1
Вид	
вентиляции.....	8.4.4.2
взрывозащиты	8.5.1
Виды: «d», «e», «i», «m», «n», «o», «p», «q»	8.5.1
Время	
пребывания	8.10
релаксации	8.10
Газ	
горючий.....	8.1
легкий.....	8.1
сжиженный	8.1
тяжелый.....	8.1
Группы E, F, G	8.4.3

Дивизионы 1, 2.....	8.4.3
Жидкость	
легковоспламеняющаяся.....	8.1
горючая.....	8.1
Зажигание	
вследствие искр.....	8.8
термическое	8.8
Зазор	
безопасный экспериментальный максимальный (БЭМЗ)	8.1
электрический.....	8.9.6
Зона	
взрывоопасная	8.1
пожароопасная.....	8.1
классов 0, 1, 2	8.4.1
классов 20, 21, 22.....	8.4.2
В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг.....	8.4.1
зона классов В-II, В-IIa	8.4.2
Индуктивность	8.8
Интенсивность утечки	8.4.4.3
Искры	
не поджигающие	8.10
поджигающие.....	8.10
Источник утечки	8.4.4.1
Классы I, II, III.....	8.4.3
Категории 1, 2, 3.....	8.6.1
Конденсатор	8.8
Коэффициент безопасности.....	8.8
Коэффициент искробезопасности	8.9.6
Мера	
вторичной взрывозащиты	8.3
первичной взрывозащиты	8.3
Метод	
изоляции	8.5.1
предотвращения взрыва	8.5.1
сдерживания взрыва	8.5.1
Оборудование электрическое	8.9.1
Образование	8.3
Ограничение воздействия.....	8.3
Пределы воспламенения верхний и нижний концентрационные.....	8.1
Путь утечки	8.9.6
Пыль и волокна горючие	8.1
Смесь взрывоопасная	8.1
Степень утечки.....	8.4.4.1
Температура	
воспламенения.....	8.1
вспышки.....	8.1

поверхности максимальная (предельная).....	8.2.2
самовоспламенения	8.1
тления	8.1
Тление.....	8.1
Тление или тлеющий огонь	8.2.4
Уровень	
вентиляции.....	8.4.4.2
готовности.....	8.4.4.2
Уровни 0, 1, 2.....	8.5.2
Утечка	8.4.4.1
Цепь искробезопасная электрическая	8.8
Электрооборудование	
взрывозащищенное	8.1
искробезопасное	8.9.1
простое	8.9.1
связанное.....	8.9.1

Приложение 8.Пр.1 (справочное)

**ПРИМЕРЫ ПО КЛАССИФИКАЦИИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН
ПО ГОСТ Р 51330.9-99**

Для классификации зоны требуется знание характеристик высвобождаемых горючих газов и жидкостей, а также рабочих характеристик технологического оборудования и его частей в определенных условиях эксплуатации. Приведенные примеры показывают общий подход к классификации взрывоопасных зон, в которых присутствуют горючие вещества в виде жидкости, сжиженного газа, пара или газа, образующих взрывоопасную смесь с воздухом в определенных концентрациях.

Показанные в примерах расстояния, в пределах которых существуют опасные зоны, определены для конкретных данных. Эти данные не являются универсальными, т. к. такие факторы, как количество горючего материала, срок выделения, давление, температура и другие параметры, относящиеся к технологическому оборудованию и перерабатываемым горючим материалам и влияющие на классификацию зоны, должны рассматриваться с учетом особенностей в каждом конкретном случае. Примеры дают лишь общее представление о том, как и какие параметры, следует учитывать при классификации взрывоопасных зон.

Данные по классам и размерам зон, полученные на основании требований, содержащихся в отраслевых правилах (нормах), могут отличаться от данных, приводимых в настоящих примерах.

Основной целью приводимых примеров является не их прямое использование для классификации зон, а иллюстрация общих результатов, которые могут быть получены на практике в различных условиях.

Числовые данные, использованные в примерах, взяты или близко согласуются с данными, содержащимися в различных национальных или отраслевых правилах (нормах). Эти данные носят рекомендательный характер.

Специалисты по проектированию АСУТП могут, в основном, если отсутствуют другие данные по размерам зоны, использовать числовые значения размеров зон, приведенные в примерах.

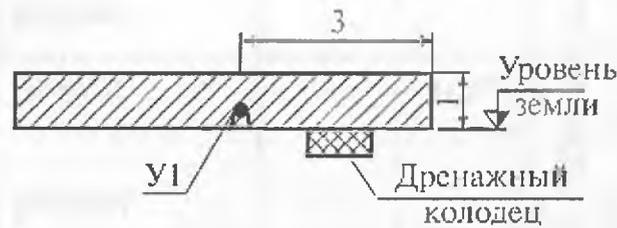
По форме таблицы 8.ТПр1 следует обобщать исходные данные и характеристики горючих веществ. В приведенной таблице указывают данные по горючим материалам, которые используются в справочных примерах № 1 ÷ № 9.

**Характеристика горючих материалов,
которые используются в справочных примерах № 1 + № 9**

№ п.п.	Горючий материал			НКПВ		Испаряемость		Относительная плотность газа или пара	Температура самовоспламенения, °С	Категория и группа	Другая информация и замечания
	Наименование горючей жидкости	Химический состав	Температура вспышки, °С	кг/м ³	% (объемные)	Давление насыщенного пара при 20 °С, кПа	Точка кипения, °С				
1	Топливо ТС-1	—	28	—	—	—	—	0,775	Св. 220	IIAT3	Пример № 1
2	Дизельное топливо — летнее	—	62	—	—	—	—	0,860	Св. 220	IIAT3	Пример № 2
3	Вода с примесями нефти и бензина	—	Ниже 0	—	Св. 0,7	—	—	Св. 1,2	Св. 280	IIAT3	Пример № 6
4	Нефть	—	55 — 65	0,043	1	6	200	3,5	223—375	IIAT2	Пример № 8
5	Бензин	—	Ниже 0	0,022	0,7	50	Ниже 210	2,9	280	IIAT3	Примеры № 3, 5, 9
6	Пропан	—	Ниже 0	—	1,7	—	—	1,56	470	IIAT1	Пример № 4
7	Водород	—	—	—	4,0	—	—	0,07	510	IIST1	Пример № 7

Пример № 1

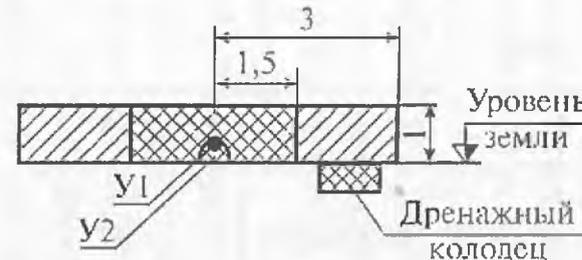
Насос для перекачки горючей жидкости, давления, установленный снаружи на уровне земли



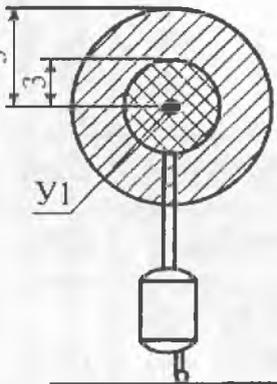
Производительность насоса 50 м³/ч

Пример № 2

Насос для перекачки горючей жидкости, установленный снаружи на уровне земли



Производительность насоса 50 м³/ч



Пример № 3
Выпускной клапан высокого технологического резервуара, установленного на открытом воздухе

№ примера	Источник утечки			Горючий материал/взрывоопасная смесь				Вентгильция		
	№	Наименование	Степень утечки ¹⁾	Вещество	Температура самовоспламенения	Плотность	Состояние ²⁾	Тип ³⁾	Уровень	Готовность
1	У1	Уплотнение насоса	П, В	Горючая жидкость	Ниже температуры процесса и окружающей среды	Больше, чем у воздуха	Ж	Е	Средний	Плохая
								И	Высокий	Средняя
2	У1, У2	Уплотнение насоса (сальник) и лужа на уровне пола	П, В	Горючая жидкость	Ниже температуры процесса	Больше, чем у воздуха	Ж	И	Средний	Средняя
3	У1	Выпускное отверстие клапана	П	Бензин	< 20 °С	Больше, чем у воздуха	Ж	Е	Средний	Хорошая

¹⁾ Н – постоянная (непрерывная); В – второй степени; П – первой степени.

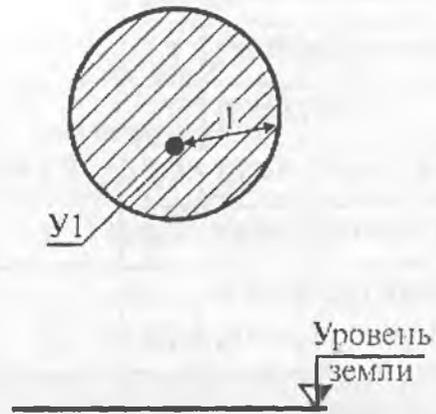
²⁾ Г – газ; Ж – жидкость; СГ – сжиженный газ; Т – твердое вещество.

³⁾ Е – естественная; И – искусственная.

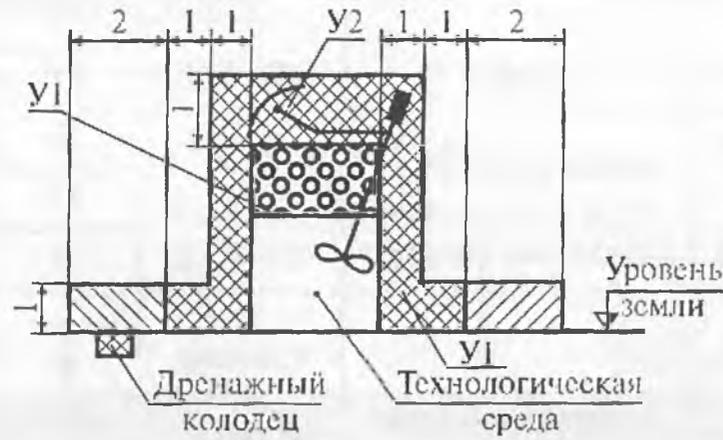
● – источник утечки; – зона класса 0; – зона класса 1; – зона класса 2.

Размеры зон приведены в метрах. **

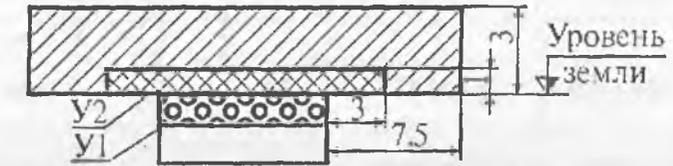
Пример № 4
Клапан сброса горючего газа, установленный на закрытом участке трубопровода



Пример № 5
Установленный внутри помещения резервуар, крышка которого периодически открывается. Горючая жидкость заканчивается в резервуаре и выкачивается из него через сварные трубопроводы, присоединенные к резервуару фланцами



Пример № 6
Гравитационный сепаратор нефти/воды, установленный снаружи на поверхности земли



№ примера	Источник утечки			Горючий материал/взрывоопасная смесь				Вентиляция		
	№	Наименование	Степень утечки ¹⁾	Вещество	Температура самовоспламенения	Плотность	Состояние ²⁾	Тип ³⁾	Уровень	Готовность
4	У1	Уплотнение штока клапана	В	Пропан	470 °С	Больше, чем у воздуха	Г	Е	Средний	Средняя
5	У1	Поверхность жидкости в резервуаре	Н	Бензин	< 20 °С	Больше, чем у воздуха	Ж	И	Низкий	Хорошая
	У2	Отверстие в резервуаре	П						Средний	
	У3	Расплескивание или утечка около резервуара	В						Средний	
6	У1	Поверхность жидкости	Н	Нефть/вода	Ниже температуры процесса и окружающей среды	Больше, чем у воздуха	Ж	Е	Средний	Плохая
	У2	Нарушение нормального процесса	В							

¹⁾ Н – постоянная (непрерывная); В – второй степени; П – первой степени.

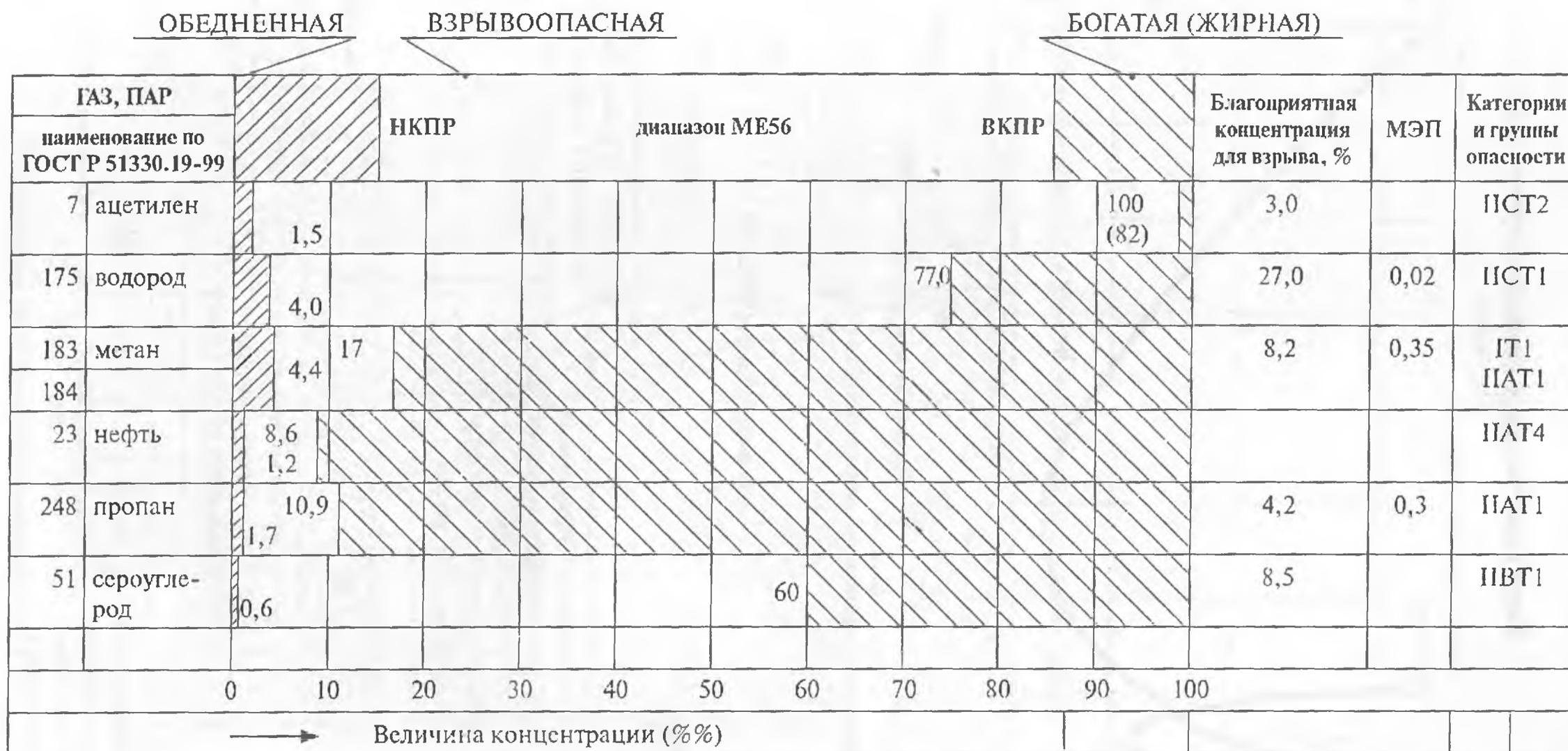
²⁾ Г – газ; Ж – жидкость; СГ – сжиженный газ; Т – твердое вещество.

³⁾ Е – естественная; И – искусственная.

● – источник утечки; [шестиугольник с точками] – зона класса 0; [шестиугольник с крестами] – зона класса 1; [шестиугольник с диагональными линиями] – зона класса 2.

Размеры зон приведены в метрах.

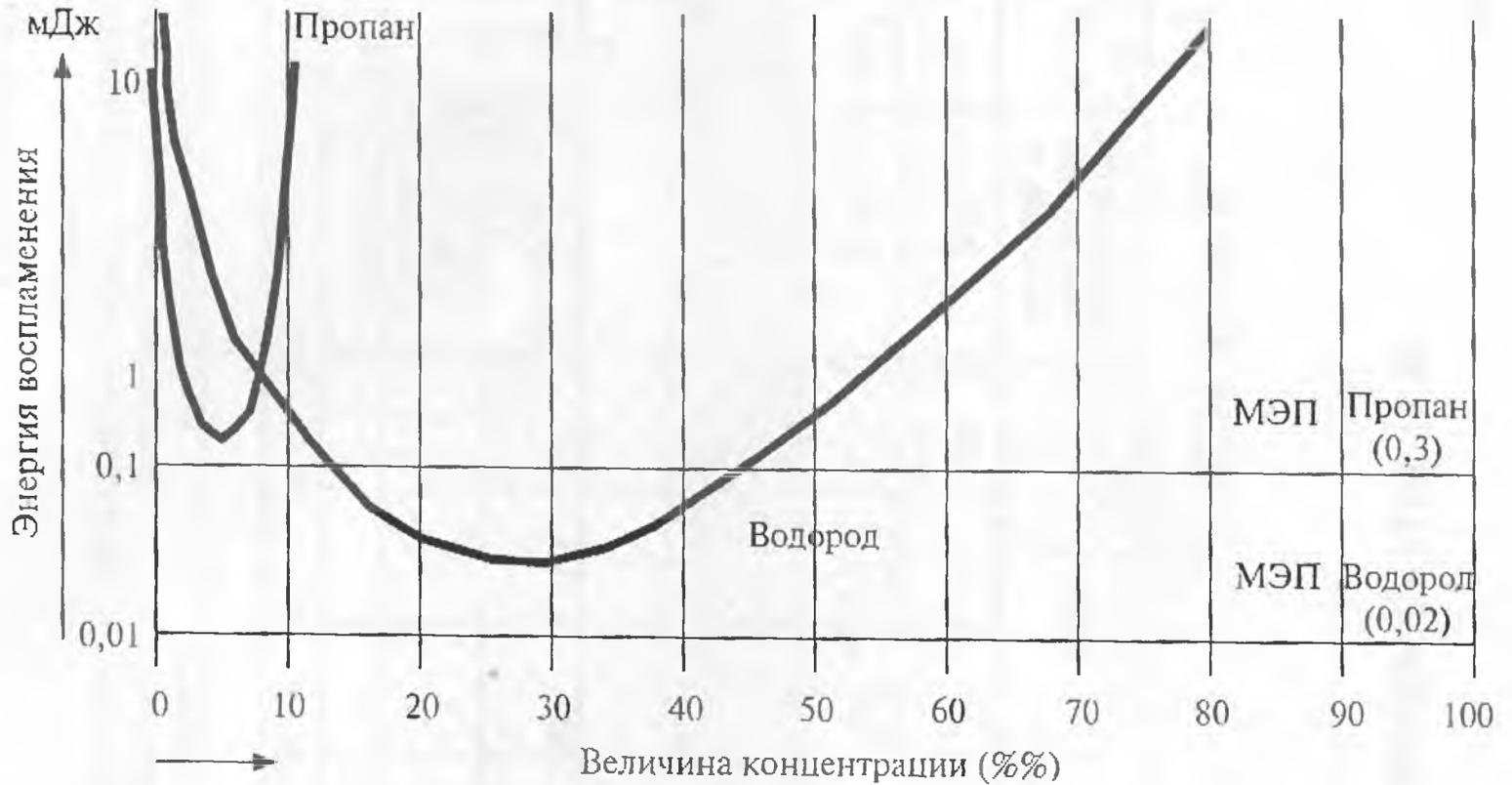
Граница взрывоопасности горючих смесей по ГОСТ Р 51330.19-99
(Пример)
СМЕСИ



НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени (%);
ВКПР – верхний концентрационный предел распространения пламени (%);
МЭП – минимальная энергия поджигания (мДж).

Рисунок 8.P2

Характеристика воспламенения горючего газа
(Пример)



МЭП – минимальная энергия поджигания (мДж).

Рисунок 8.P2a

Маркировка по АTEX 94

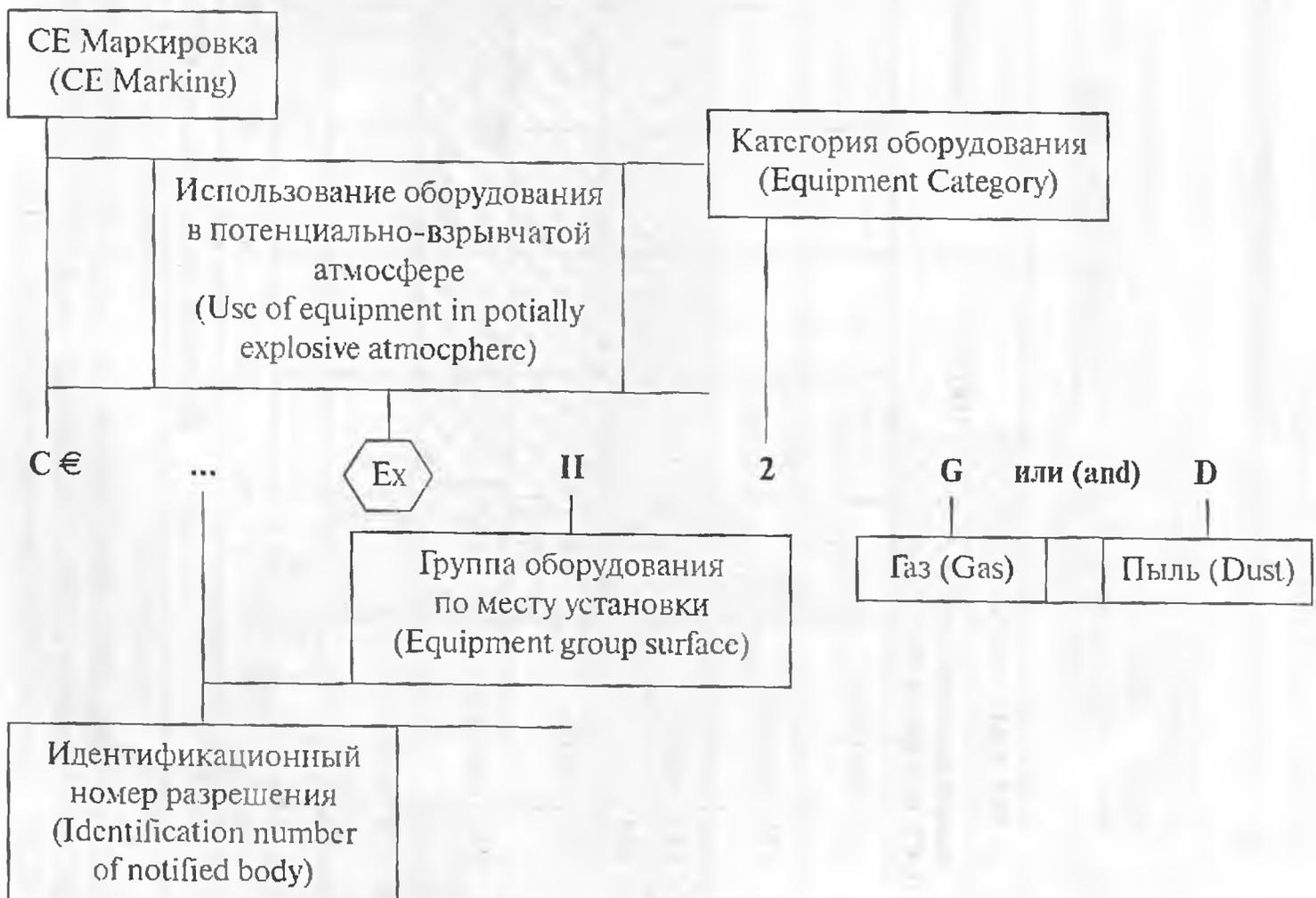


Рисунок 8.Р3

Типовая ИБЦ

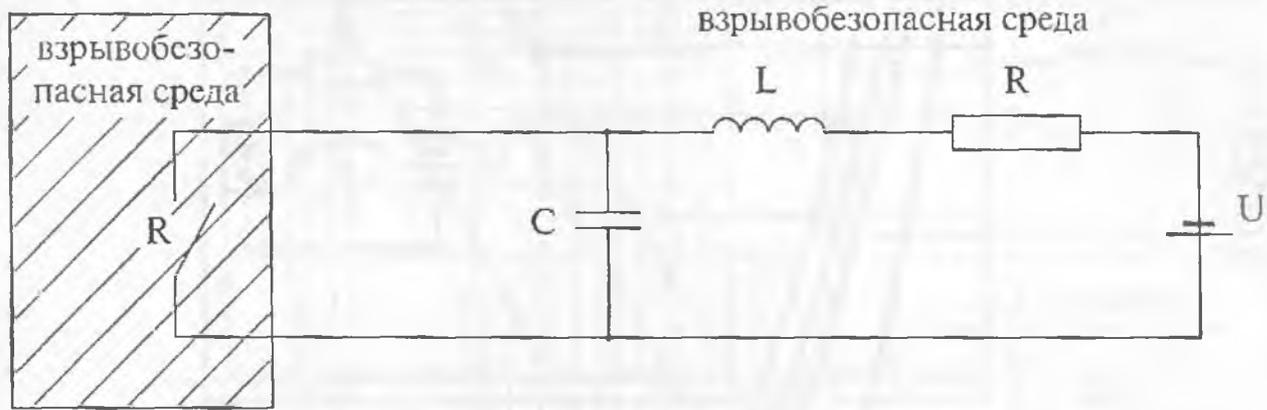


Рисунок 8.Р4

Минимальные кривые воспламенения для омических цепей

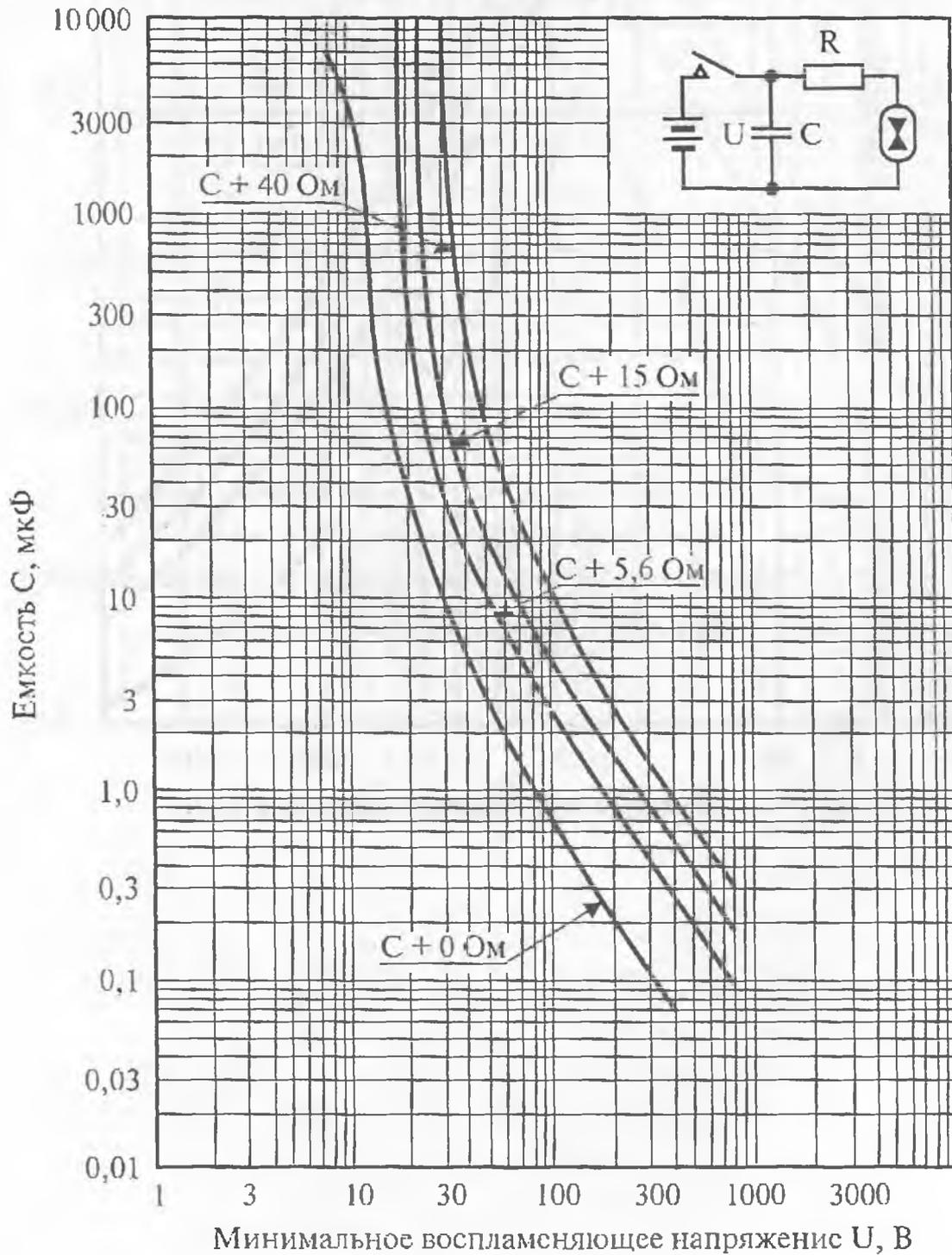


Рисунок 8.P5

Минимальные кривые воспламенения для емкостных цепей

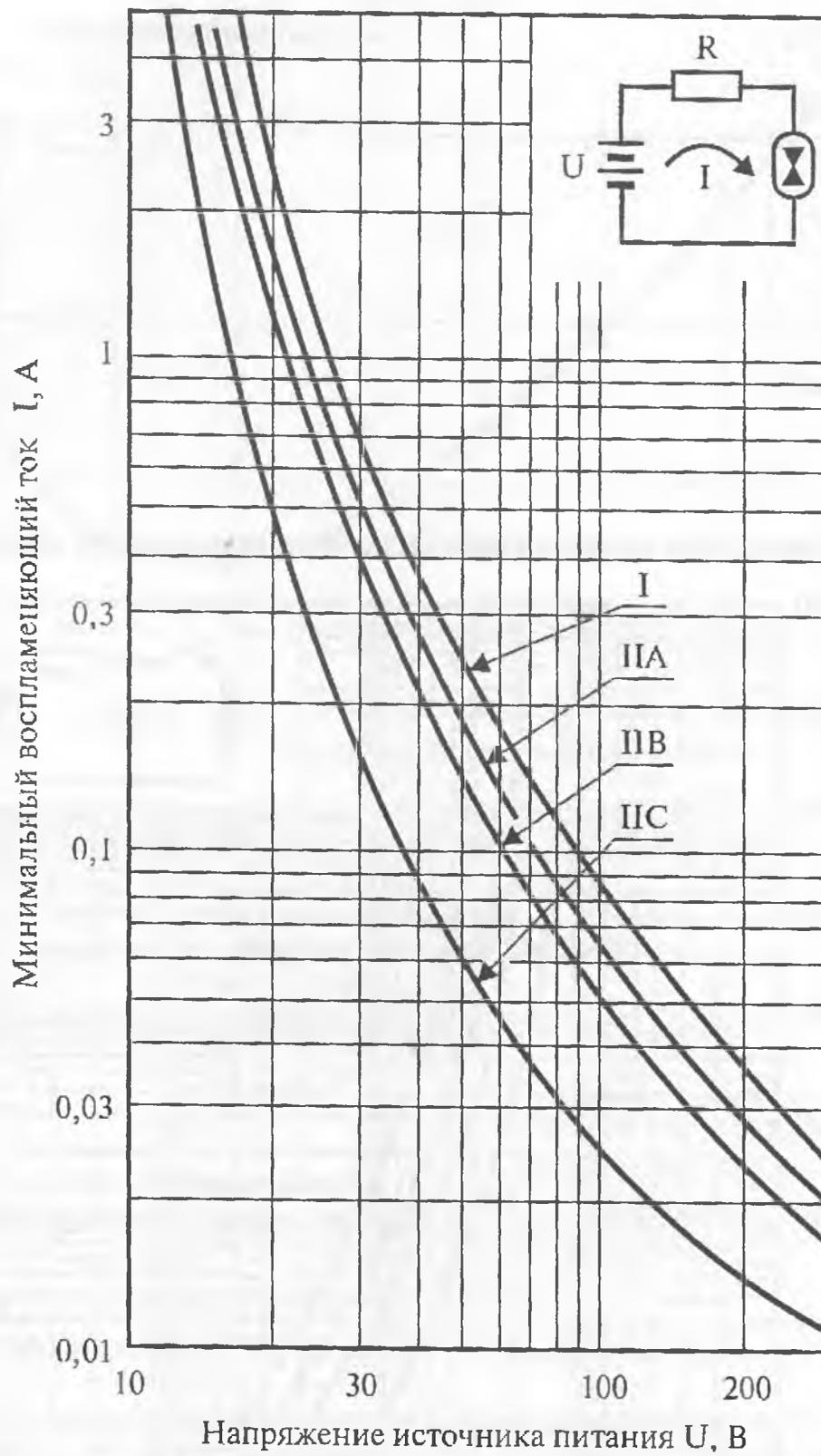


Рисунок 8.Р6

Минимальные кривые воспламенения для индуктивных цепей

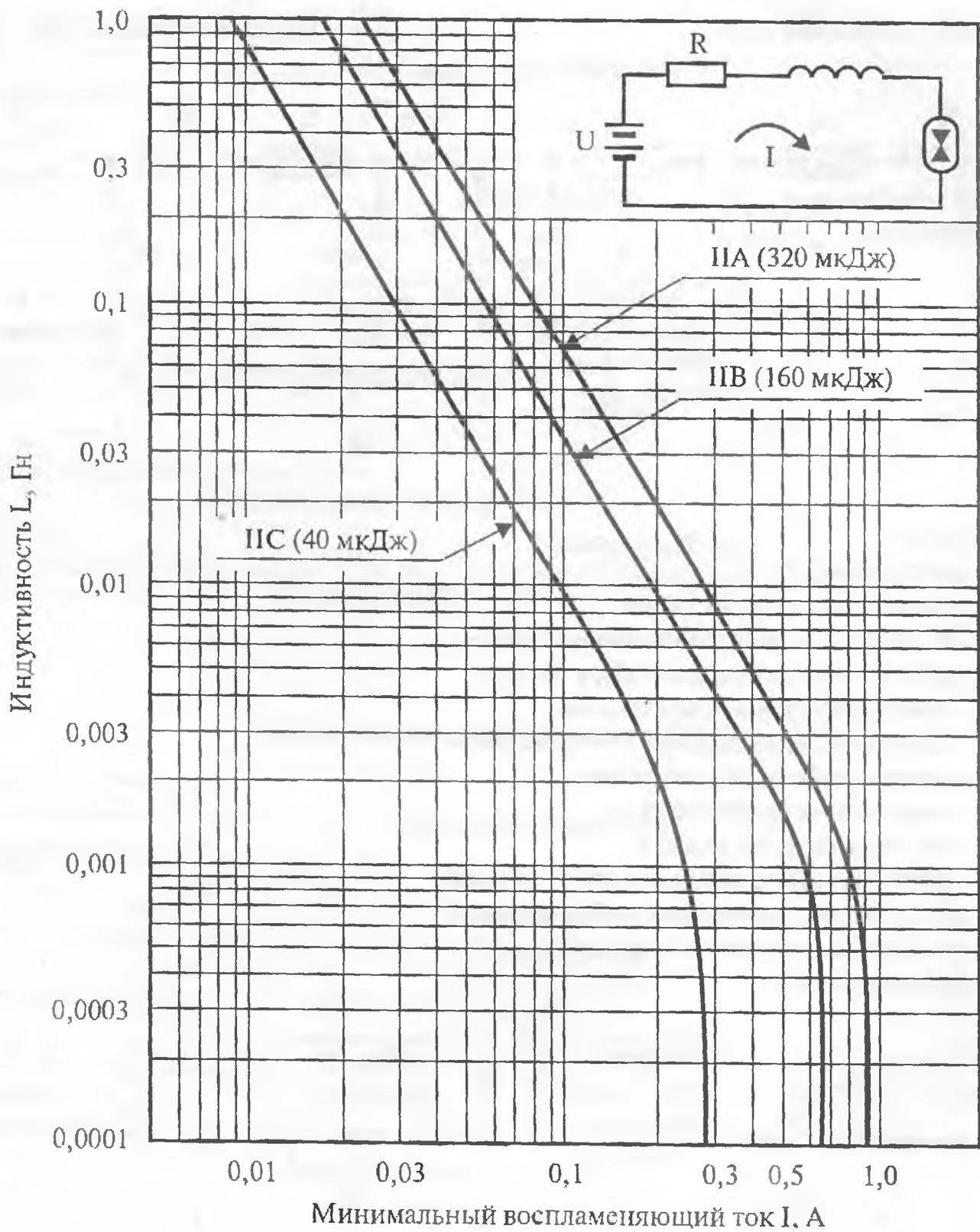
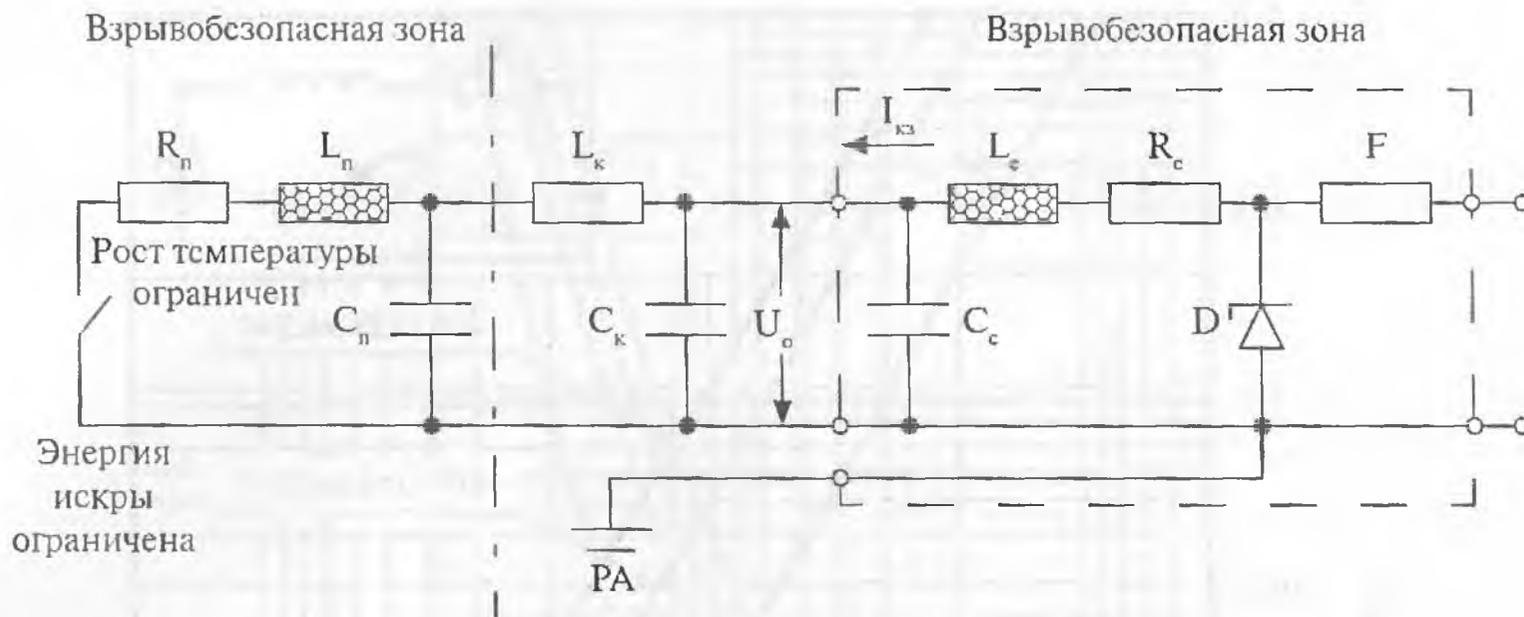


Рисунок 8.Р7

Искробезопасная электрическая цепь ИБЦ



Обозначения:

- D – стабилитрон
- РА – эквипотенциальная шина
- R_n – сопротивление полевого оборудования
- L_n – индуктивность полевого оборудования
- C_n – емкость полевого оборудования
- L_k – индуктивность кабельного соединения
- C_k – емкость кабельного соединения
- U_0 – напряжение холостого хода
- $I_{кз}$ – ток короткого замыкания
- R_c – сопротивление связанного оборудования
- L_c – индуктивность связанного оборудования
- C_c – емкость связанного оборудования
- F – предохранитель

Рисунок 8.Р8

Схема защитного проводника с пассивным барьером

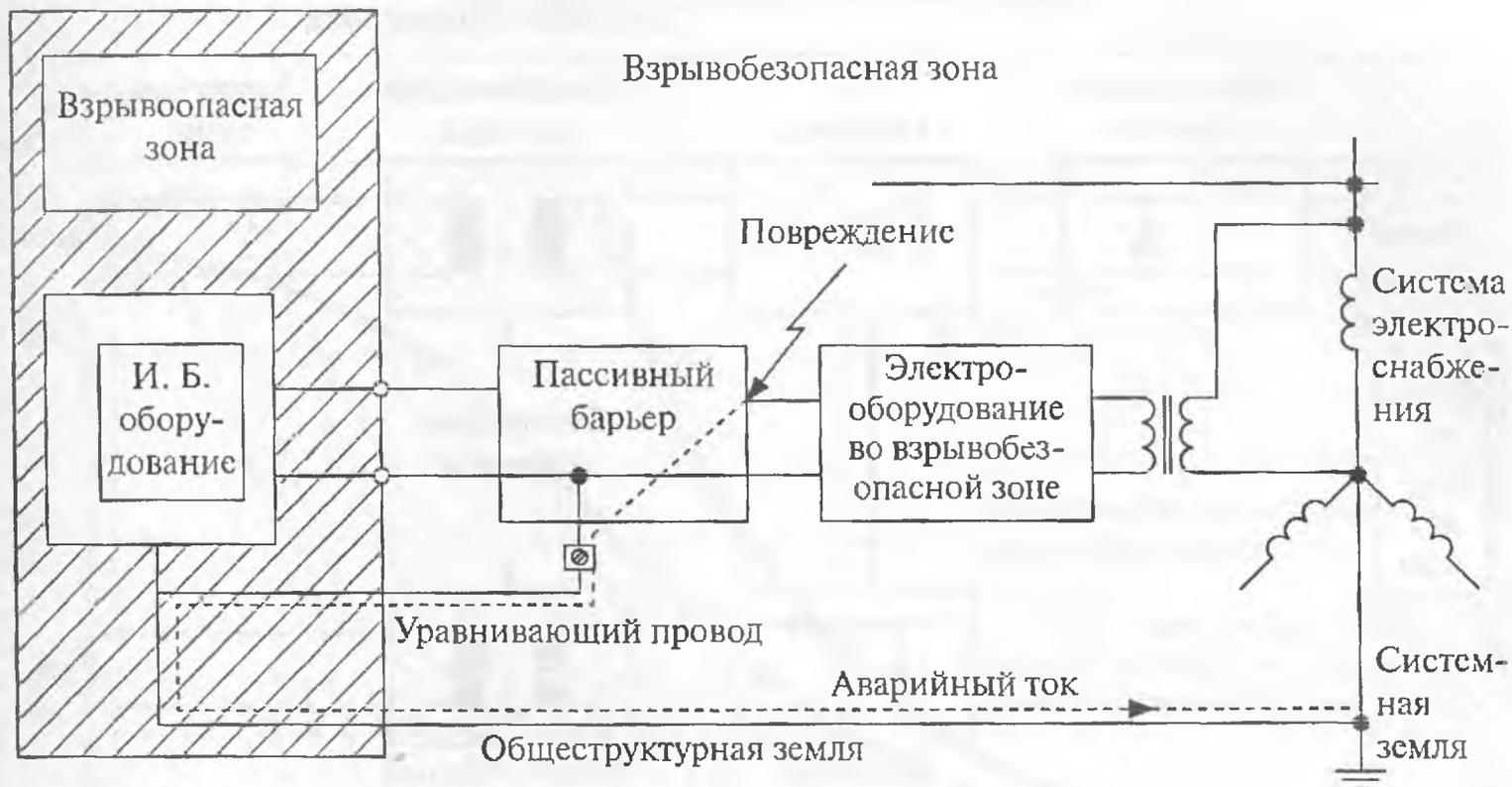


Рисунок 8.Р9

Схема заземления пассивного БИС

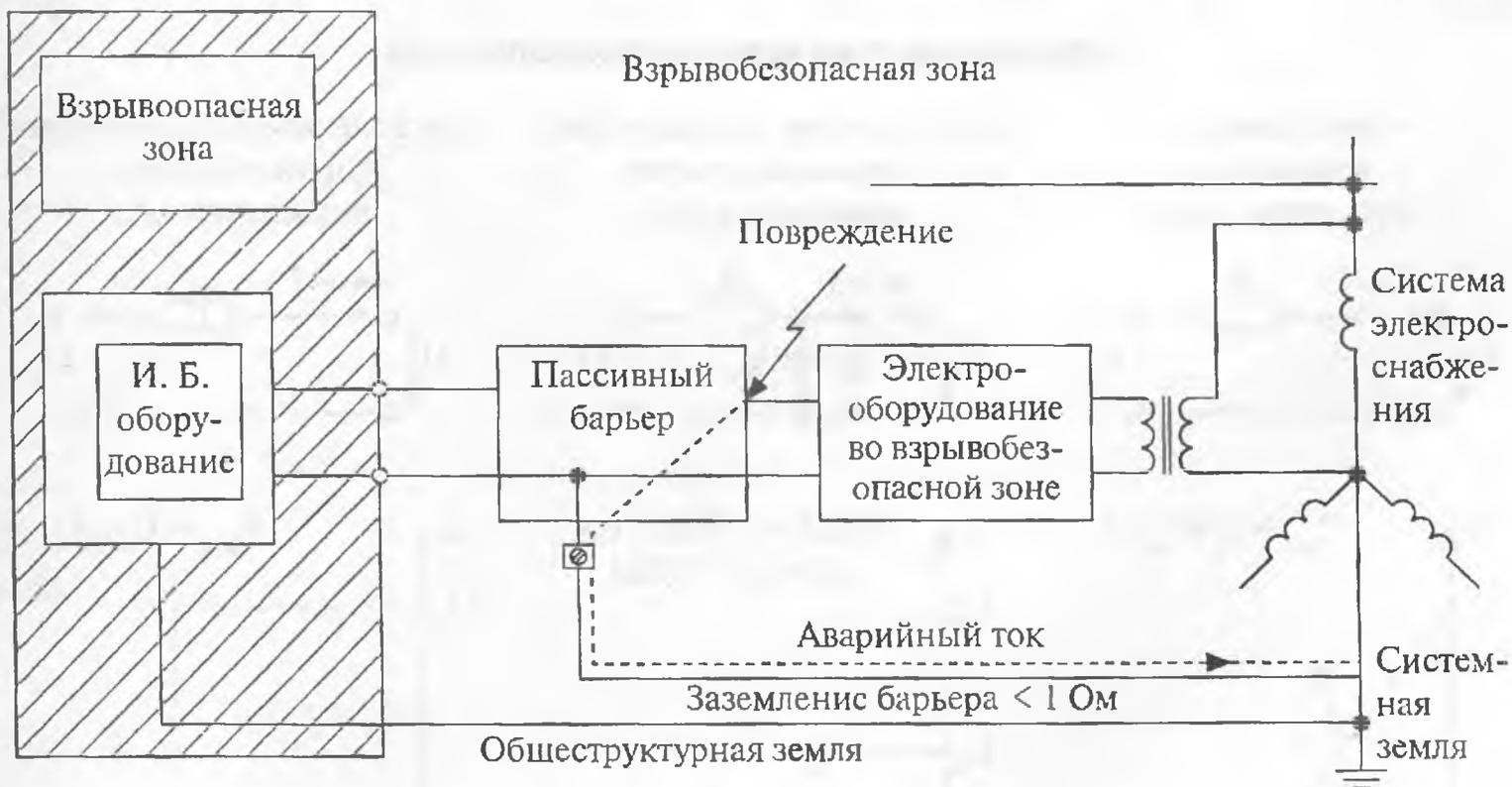


Рисунок 8.P10

Схема гальванически изолированного барьера

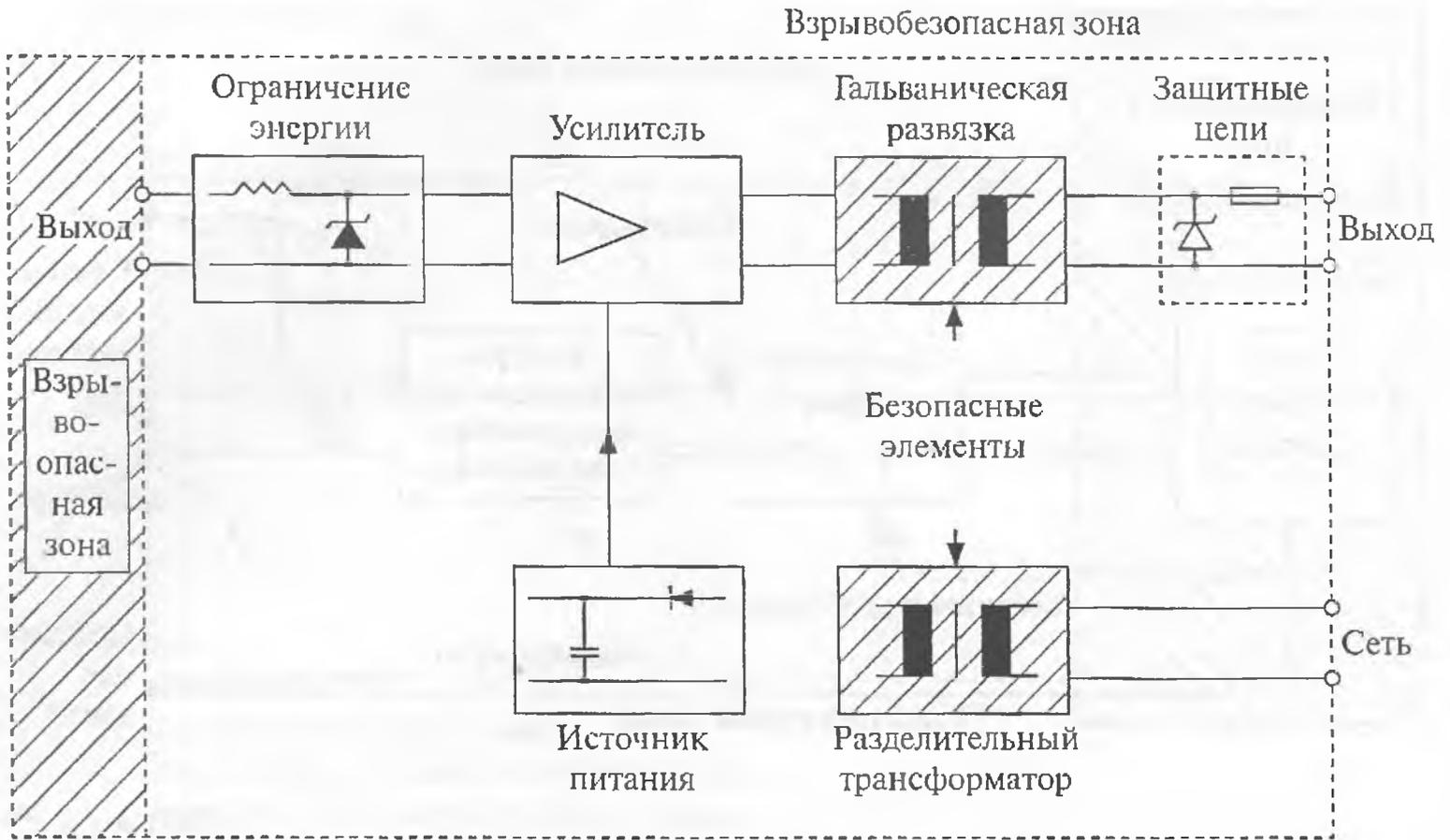
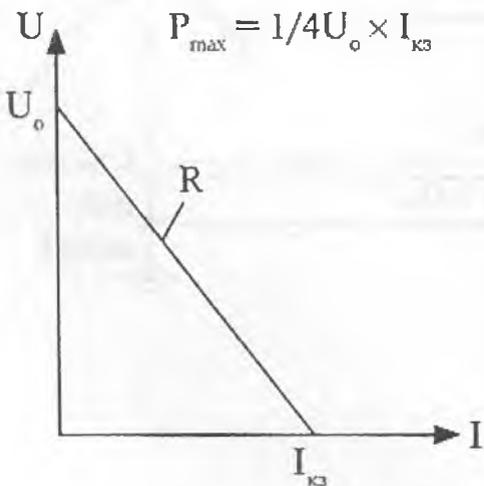
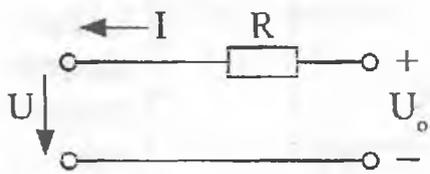


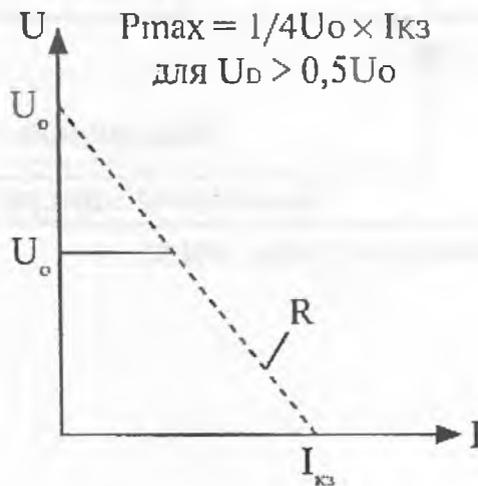
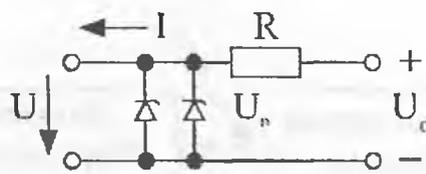
Рисунок 8.P11

Ограничение тока неискробезопасной цепи

через резистор
(линейная характеристика)



через резистор и стабилитрон
(трапециевидная характеристика)



через электронное устройство
(прямоугольная характеристика)

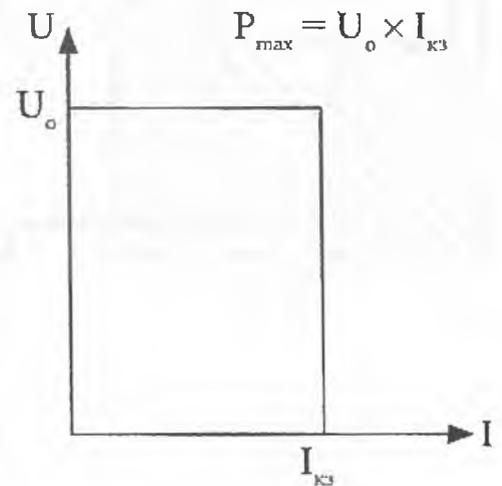
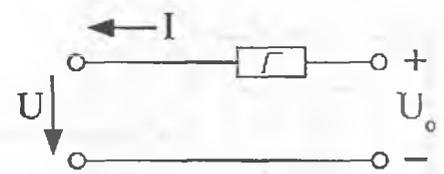


Рисунок 8.Р12

Зависимости минимального воспламеняющего тока от напряжения
для схем с нелинейными элементами

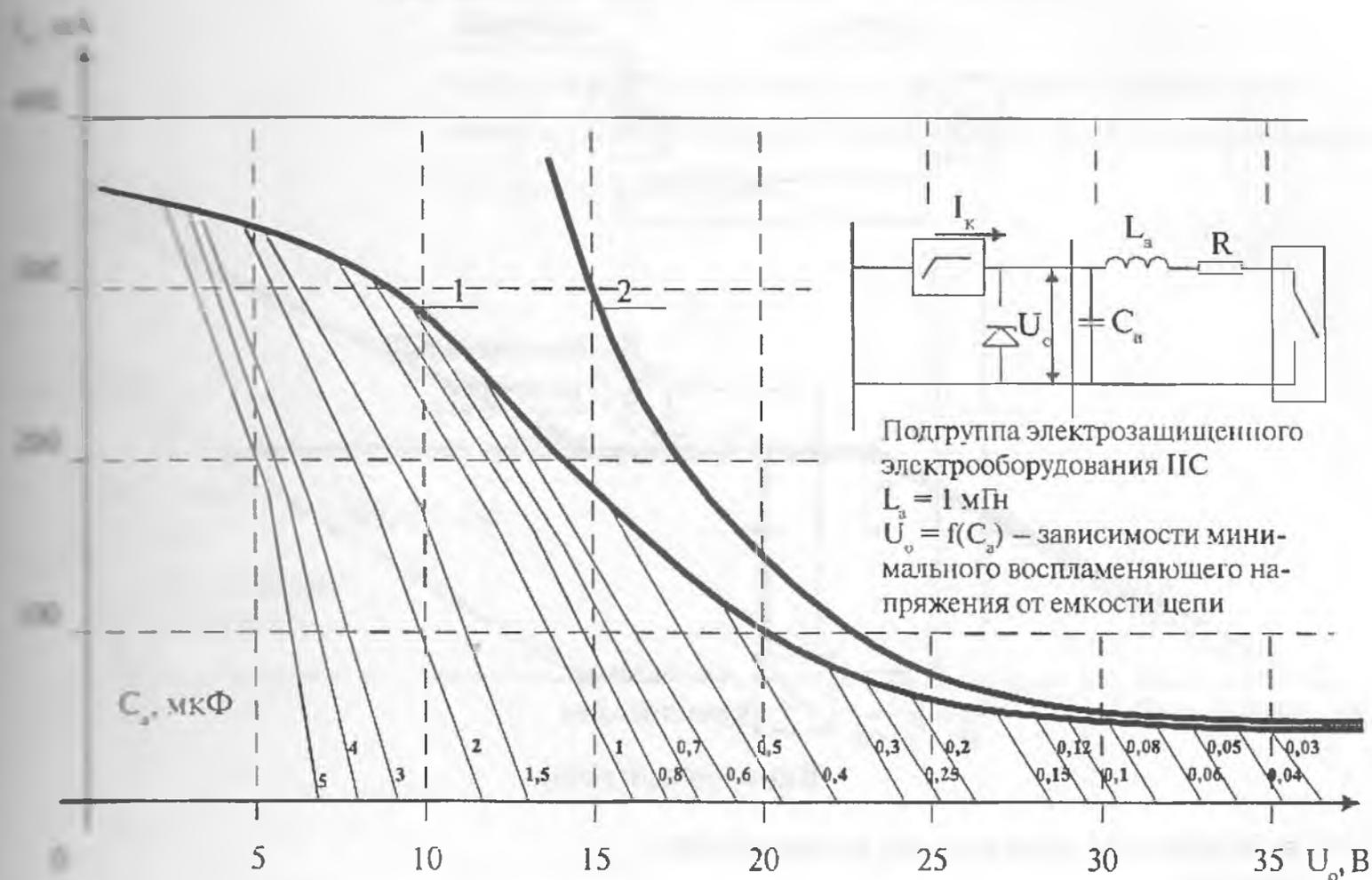
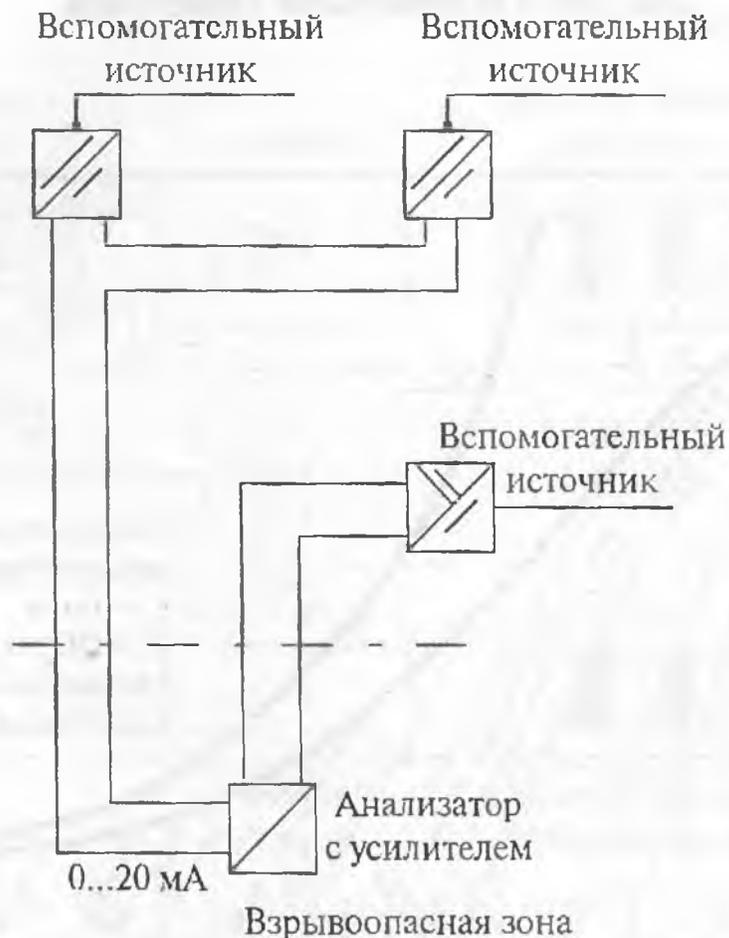


Рисунок 8.P13

Пример схемы с нелинейными элементами



А. Индикатор с маркировкой взрывозащиты

Ex ib IIC

$U_o = 12,0 \text{ В}$; $I_o = 133 \text{ мА}$; $P_o = 0,4 \text{ Вт}$;

$L_o = 1,8 \text{ мГн}$; $C_o = 1,7 \text{ мкф}$.

Находится в пассивном состоянии, в нормальном режиме работы.

В. Записывающее устройство с маркировкой взрывозащиты

Ex ib IIC

$U_o = 1,0 \text{ В}$; $I_o = 31 \text{ мА}$; $P_o = 10 \text{ мВт}$;

$L_o = 36 \text{ мГн}$; $C_o = 200 \text{ мкф}$.

Находится в пассивном состоянии, в нормальном режиме работы.

С. Источник питания с маркировкой взрывозащиты

Ex ib IIB

$U_o = 15,7 \text{ В}$; $I_o = 100 \text{ мА}$; $P_o = 1,57 \text{ мВт}$;

$L_o < 1 \text{ мГн}$; $C_o < 650 \text{ нф}$.

Активный.

Рисунок 8.P14

Пример графического определения суммарных выходных характеристик

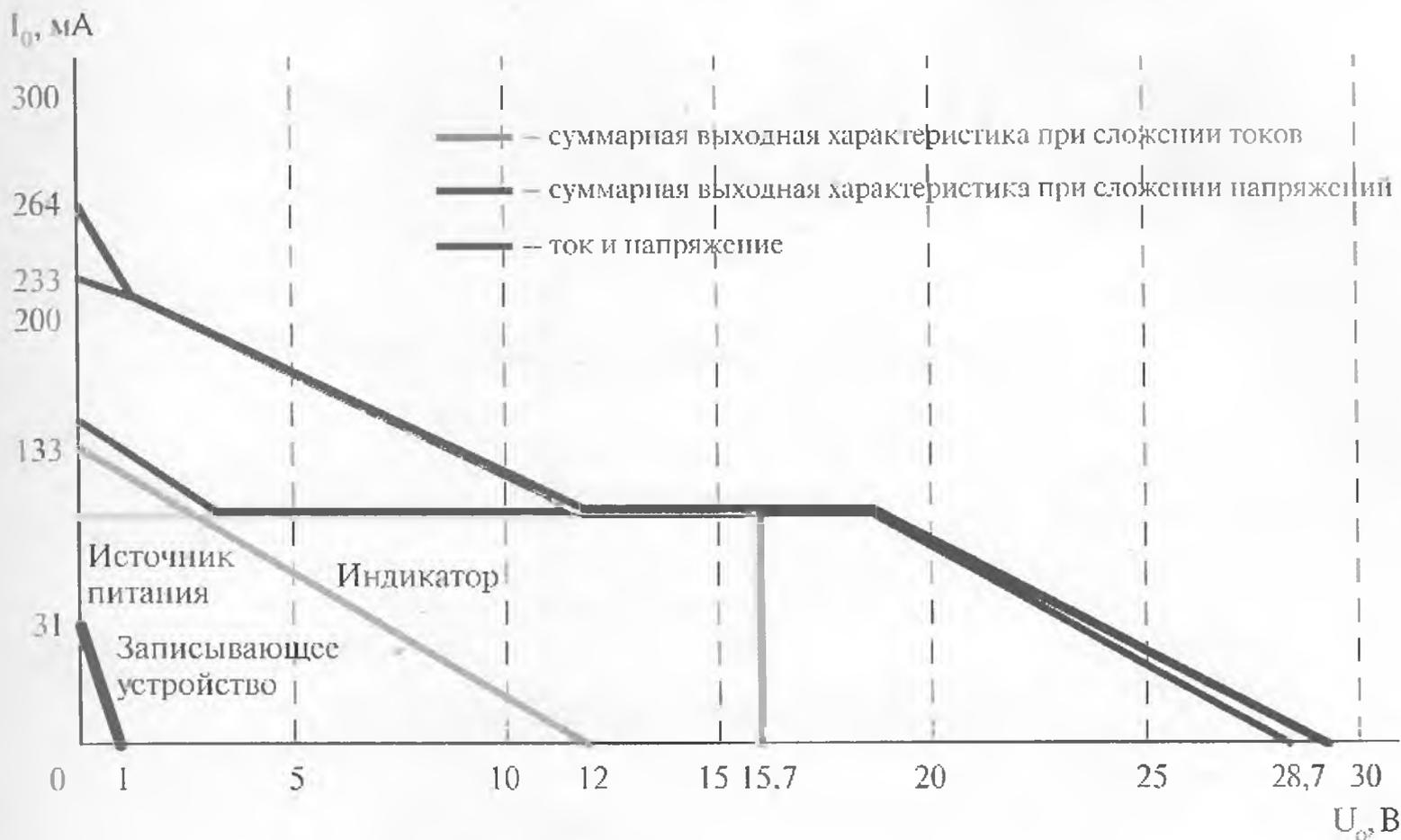


Рисунок 8.P15

Пример анализа суммарной выходной характеристики

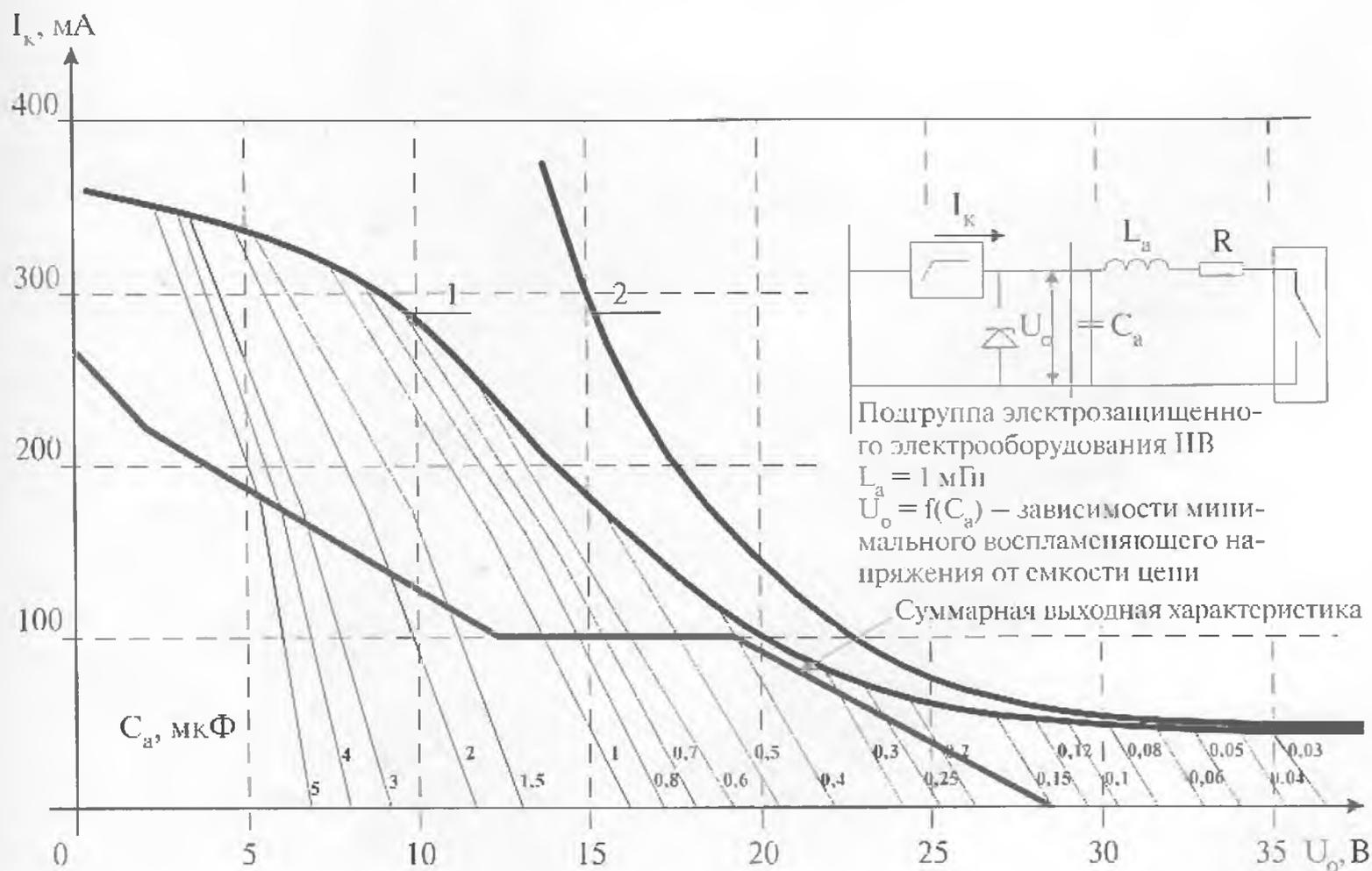


Рисунок 8.P16

Определение длины путем утечки и электрического зазора между токоведущими элементами

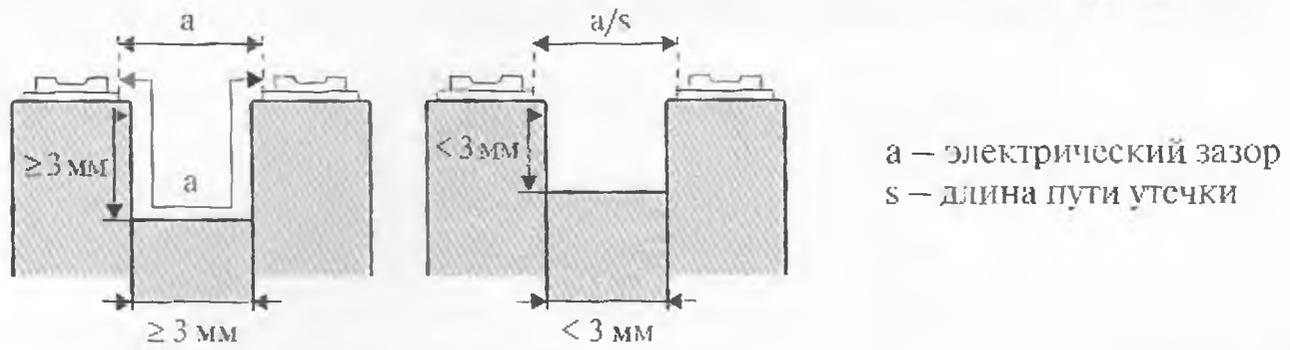


Рисунок 8.P17

Различные виды соединений устройств ИБЦ

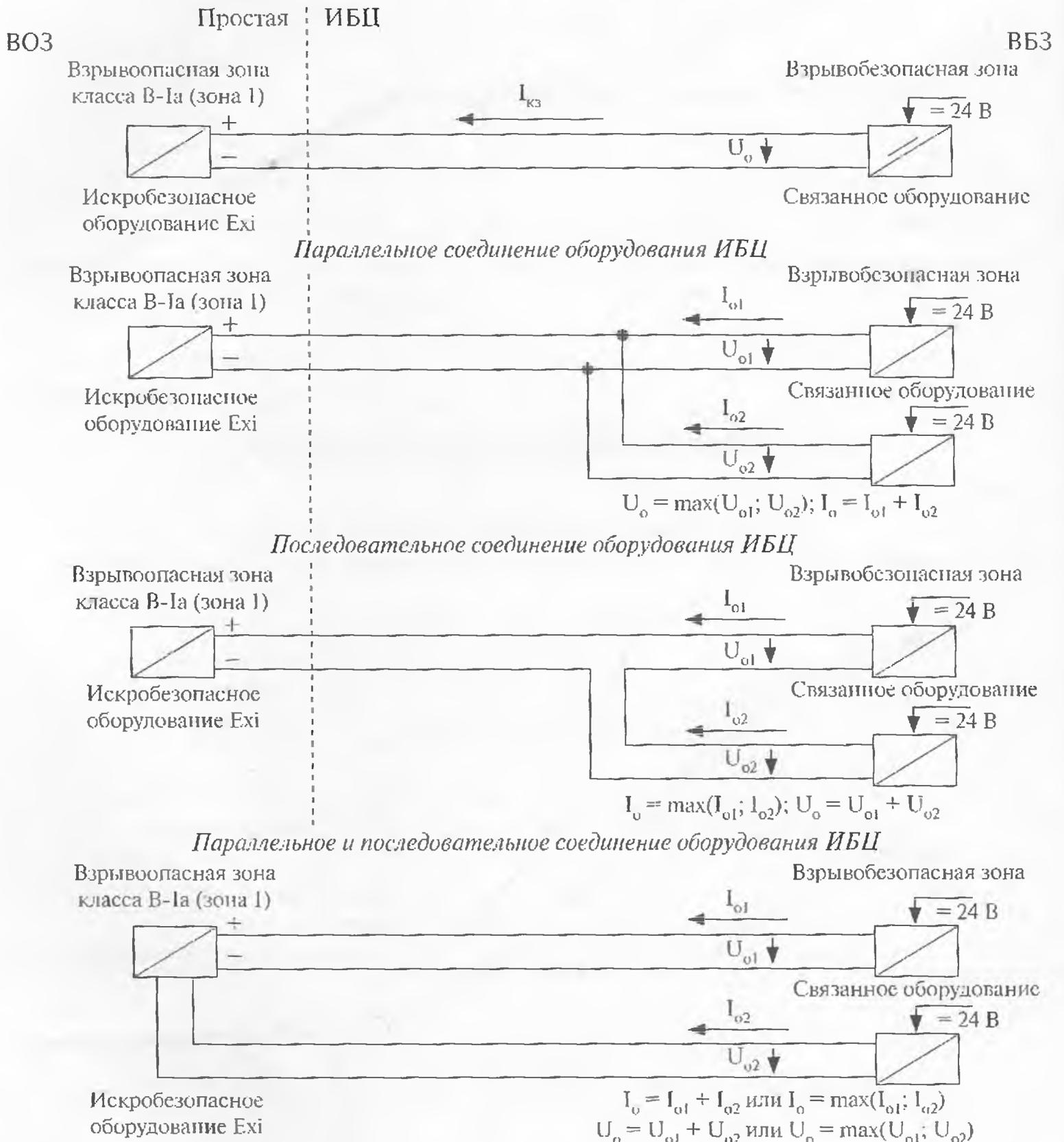


Рисунок 8.P18

Возникновение заряда в трубе



Рисунок 8.P19

Зависимость между временем релаксации и электропроводностью

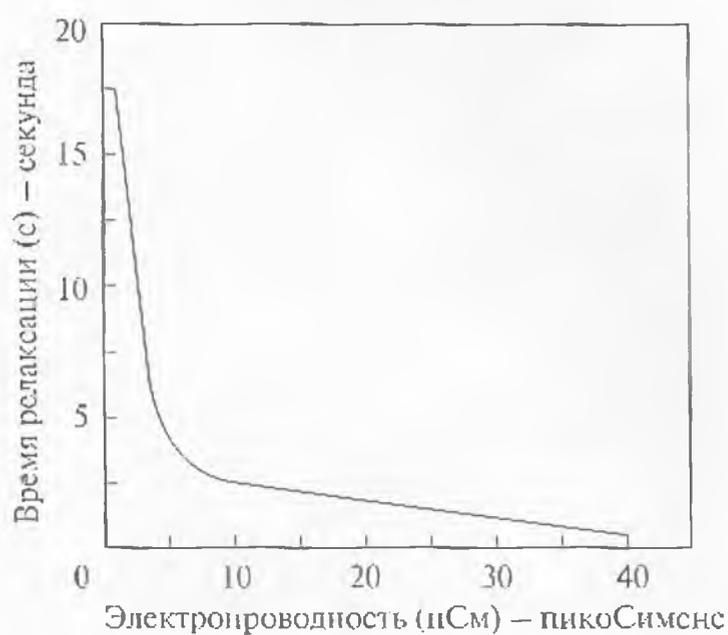
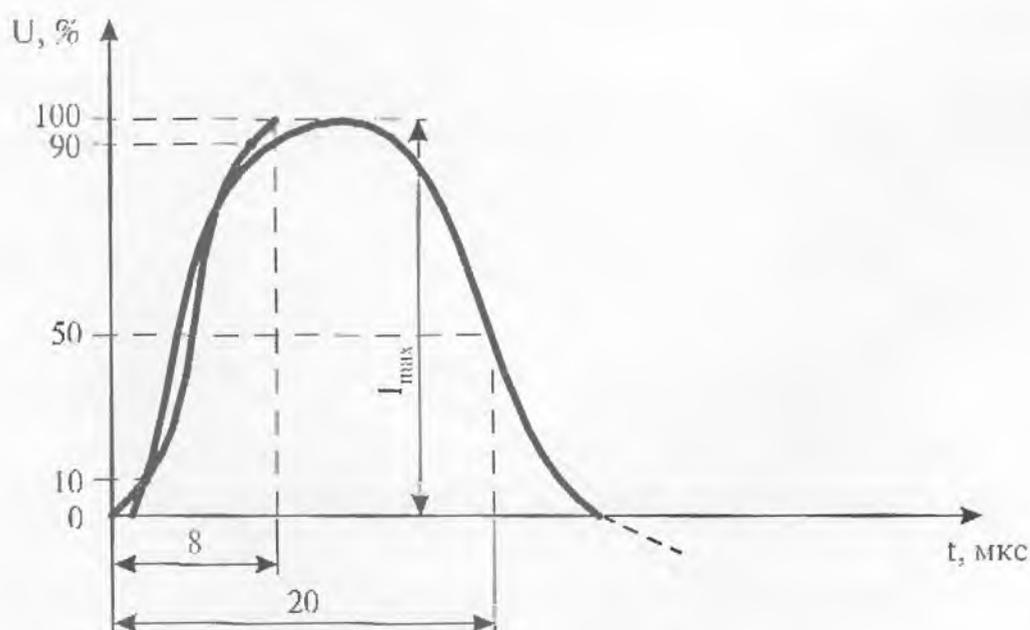
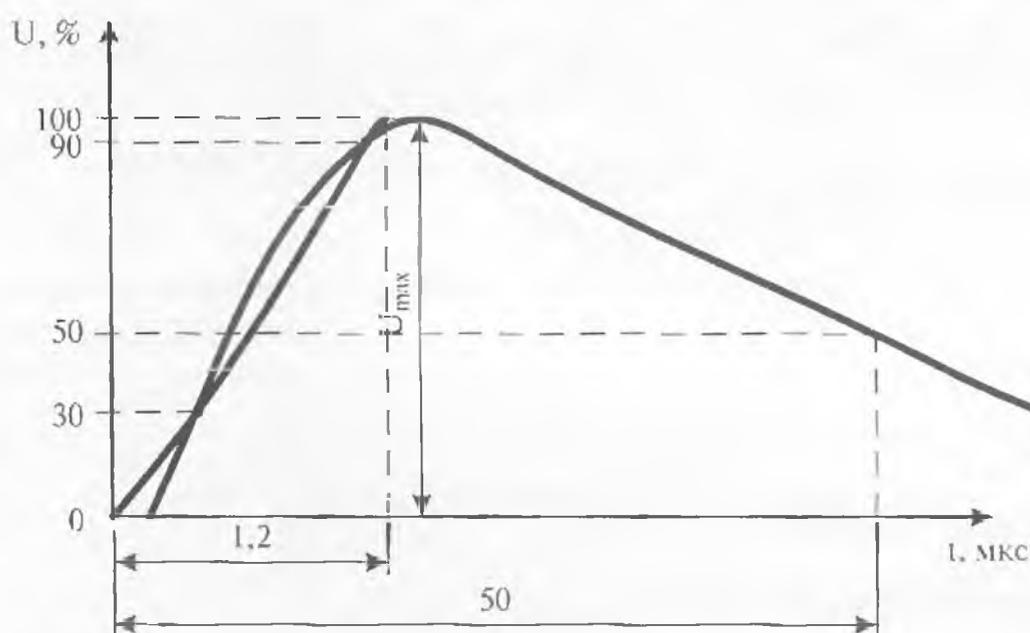


Рисунок 8.P20

Формы импульсов напряжения 1,2/50 мкс и тока 8/20 мкс по IEC60060-1



Данные о воспламеняемости взрывоопасных смесей

№		Газ или пар	Плотность пара по воздуху, отн. ед.		Температура вспышки (точка воспламенения), °С		Температура воспламенения, °С		Группа взрывоопасной смеси по температуре (температурный класс)		Категория (группа) взрывоопасности	
ГОСТ*	VDE**		ГОСТ*	VDE**	ГОСТ*	VDE**	ГОСТ*	VDE**	ГОСТ*	VDE**	ГОСТ*	VDE**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
183		Метан (рудничный газ)	0,55		—		537	595(650)	T1	T1	I	IIA
1	2	Ацетальдегид	1,52		-38	< -20	172	140	T3	T4	IIA	IIA
2	421	Уксусная кислота	2,07		40	40	464	485	T1	T1	IIA	IIA
3	422	Ангидрид уксусной кислоты; уксуснокислый ангидрид	3,52		49	49	334	330	T2	T2	IIA	IIA
4	6	Ацетон	2,00		< -20	< -20	535	540	T1	T1	IIA	IIA
18	103	Аммиак	0,59		—	(газ)	630	630	T1	T1	IIA	IIA
23	135	Бензол; бензол (чистый)	2,70		-11	-11	550	555	T1	T1	IIA	IIA
28	152	Бутан; n-Бутан	2,05		-60	(газ)	372	365	T2	T2	IIA	IIA
36		Бутилацетат	4,01		22		330		T2		IIA	
58	52	Хлорэтан; этилхлорид	2,22		-50	(газ)	510	510	T1	T1	IIA	IIA
59		2-Хлорэтанол	2,78		55		396		T2		IIA	
80	243	Циклогексанол	3,45		61	43	300	430	T3	T2	IIA	IIA
100	324	1, 2-Дихлорэтан	3,42		9	13	413	440	T2	T2	IIA	IIA
136	20	Этан	1,04		—	(газ)	515	515	T1	T1	IIA	IIA
142	24	Этилацетат	3,04		4	-4	446	460	T2	T1	IIA	IIA
163		Муравьиная кислота	1,60		42		520		T1		IIA	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
172	448	Гексан (смесь изомеров); n-Гексан	2,97		-21	< -20	233	240	T3	T3	IIA	IIA
179		Керосин	—		38		210		T3		IIA	
185	503	Метанол	1,11		11	11	386	455	T2	T1	IIA	IIA
188		Метилацетат	2,56		-10		470		T1		IIA	
225		Нафта	2,50		< -18		290		T3		IIA	
226	564	Нафталин	4,42		77	80	528	520	T1	T1	IIA	IIA
234		Октан	3,93		13		206		T3		IIA	
245		Нефть	2,80		< -20		223-375		T2		IIA	
246	616	Фенол	3,24		75	82	595	595	T1	T1	IIA	IIA
248	637	Пропан	1,56		-104	(газ)	470	470	T1	T1	IIA	IIA
265		Стирол	3,60		30		490		T1		IIA	
277	709	Толуол	3,20		4	6	535	535	T1	T1	IIA	IIA
289		Скипидар	—		35,0		254		T3		IIA	
291		Винилацетат	3,00		-8,0		385		T2		IIA	
298		Ксилол	3,66		30,0		464		T1		IIA	
	II/21-23	Мазуты				55 (65)		220-300		T3		IIA
	II/16	Реактивное топливо				20-60		220-300		T3		IIA
	II/17	Дизельное топливо				55		220-300		T3		IIA
	II/III	Бензин		точка кипения > 135 °C		< 20		220-300		T3		IIA
10		Пропеновая (акриловая) кислота	2,48		48		406		T2		IIB	
52	469	Углерод оксид насыщенный при 18 °C; угарный газ	0,97		—	(газ)	605	605	T1	T1	IIB	IIA

73		Коксовый газ	—		—		555		T1		IIВ	
107	27	Диэтиловый эфир; этиловый эфир	2,55		-45	< -20	160	180 обра- зование перекиси	T4	T4	IIВ	IIВ
139	67	2-Этоксиэтанол; этилгликоль	3,10		40	40	235	235	T3	T3	IIВ	— ²⁾
151	58	Этен (этилен); этилен	0,97		—	(газ)	425	425	T2	T2	IIВ	IIВ
153	64	Этиленоксид	1,52		< -18	(газ)	435	440 само- распад	T2	T2	IIВ	IIВ
162		Формальдегид	1,03		—		424		T2		IIВ	
166		Фурфуриловый спирт	3,38		61		370		T2		IIВ	
177	682	Диводород сульфид; сероводород	1,19		—	(газ)	246	270	T3	T3	IIВ	IIВ
	1/6	Городской газ (осветительный газ)				(газ)		~ 560		T1		IIВ
7	14	Ацетилен	0,90		—	(газ)	305	305	T2	T2	IIС	IIС ⁵⁾
51	681	Углерод дисульфид; сероуглерод	2,64		-30	< -20	95	95 ¹⁾	T6	T6 ¹⁾	IIС	IIС ³⁾
98		Дихлордиэтилсилан	—		24		295		T2		IIС	
175	777	Водород	0,07		—	(газ)	510	560	T1	T1	IIС	IIС ⁴⁾
297		Водяной газ	—		1,2		—		T1		IIС	

* ГОСТ Р 51330.19-99.

** VDE 0165.

1) Выдержка из сборника таблиц «Коэффициенты техники безопасности для горючих газов и паров» по VDE 0165, сентябрь 1983.

2) Для этого материала группа взрывоопасности еще не определена.

3) Также группа взрывоопасности I IIВ + CS₂.

4) Также группа взрывоопасности I IIВ + H₂.

5) Также группа взрывоопасности I IIВ + C₂H₂.

Продолжение табл. 8.Т4

Категория взрывоопасности смеси	Вещество, образующее с воздухом взрывоопасную смесь
ПА	Оксид мезитила
	Пентадиен-1,3; пероксид дигидроизофорона.
	Растворители: Р-40 № 645 (взамен РДВ), № 646, № 647, № 648, № 649, РС-2, БЭФ, АЭ
	Разбавители: РКБ-1, РКБ-2
	Спирты: амиловый третичный, н-бутиловый, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, пропиловый, 1,1,3-тригидроперфторпропиловый, фурфуриловый, этиловый
	1,1,3-тригидроперфторпропилметакрилат; 1,1,7-тригидроперфторгептилметакрилат; 1,1,3-тригидротетрафторпропилакрилат, трифторпропилметилдихлорсилан, трифторхлорэтилметиловый эфир, трифторэтилен, трихлорэтилен
	Хлористый изобутил
	Циклогексен, циклопентен
	Этиламин, этилбутират, этиленхлорид, этилизобутират, этилендиамин
	Бензины: А-72, А-76 «Галошам», Б-70, экстракционный по МРТУ 12н № 20-63, экстракционный по ТУ 38-101-303-72, бутилметакрилат
	Винилциклогексен
	Гексаметиленмин
	Диизобутиламин, диметиламиноэтанол, NN-диметилпропандиамин-1,3; диметилсульфид, дипропиламин
	Изовалериановый альдегид, изооктилен
	Камфен
	Метилацетоацетат, метиловый эфир β-метоксипропионовой кислоты, морфолин
	Нефть сырая
	Петролейный эфир, полиэфир ТГМ-3
	Растворитель № 651
	Серы оксид, спирт амиловый, стабилизатор СД-1 (М)
	Тетрагидроинден, тетрафторэтилен, топливо: Т-1, ТС-1, Т-6, Т-8, печное марки А, 4,4,5-триметил-1,3-диоксан
Уайт-спирит	
Этилдихлортиофосфат	
Альдегиды: изомасляный, масляный, уксусный (ацетальдегид), ацеталь	
Бромацеталь	
Диизоамиловый эфир, 1,4-диметилпиперазин	

Продолжение табл. 8.Т4

Категория взрывоопасности смеси	Вещество, образующее с воздухом взрывоопасную смесь
ПА	α-изопропил-β-изобутилакролеин
	Паральдегид
	Тетраметилдиаминметан, 1,1,3-триэтоксибутан
ПВ	Синильная кислота
	Винилнорборнен
	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, диэтилкетон
	Камфорное масло, кислота акриловая
	Метилвинилдихлорсилан, метиленциклобутан
	Нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан
	Оксид 2-метилбутена-2, октилацетат
	Пропаргилловый спирт
	Растворители: АМР-3, АКР
	Триметилхлорсилан
	Фенилацетилен, формальдегид, фуранфурфурол
	Этилтрихлорсилан
	Аллилглицидиловый эфир, альдегид кротоновый, ацетат диметилэтинил-карбинола
	Бутилакрилат, бутилглицидный эфир
	Винилоксиэтанол, винилтрихлорсилан
	Дикетен
	Изопропенилацетилен
	Метилаль, метилдигидропиран, 4-метилентетрагидропиран, 2-метилпентеналь
	Сероводород
	Тетрагидробензальдегид, тетраэтоксисилан, топливо дизельное (зимнее), триэтоксисилан
Формальгликоль	
Этилдихлорсилан, этилиденнорборнен, этилцеллюзоль	
Альдегид пропионовый	
Диметиловый эфир диэтиленгликоля, диэтиловый эфир этиленгликоля 2-этилгексеналь	
ПС	Водород, водяной газ
	Светильный газ, смесь (75% водорода + 25% азота)
	Ацетилен

Таблица 8.Т5

Группы газов (по списку)

Россия		Типичный взрывоопасный газ	Европа CENELEC EN 50014 IEC США-NEC 505 (газ)	США, Канада NEC ARTICLE 500, CEC (CLASS I)
ПУЭ, таблица 7.3.3	ГОСТ Р 51130.11-99 (МЭК 60079-12-78)			
I (T1)	I	метан	I	не классифицир.
II A (T1)	II A (табл. 1)	пропан	II A	D
II B (T2)	II B (табл. 2)	этилен	II B	C
II C (T2)	—	водород	II C	B
II C (T2)	II C (табл. 3)	ацетилен	II C	A

Примечание. В России вместо «групп газов» установлено наименование «категория взрывоопасных смесей».

Таблица 8.Т6

Сопоставимые характеристики горения и взрыва пыли

Вещество	Температура тления (°C)	Температура зажигания (°C)	Мин. энергия зажигания (микроДж)
Лигнин	230–250	410–430	150–400
Уголь	240–450	460–850	—
Дерево	290–320	470–520	7–100
Сухое молоко			50–490
Пшеничная мука	280–400	450–610	100–500
Метиловая целлюлоза	320–450	390–430	Более 2000
Алюминий	270–430	560–840	29
<i>Сравнение с газами</i>			
Ацетилен		305	0,019
Метан		595	0,28
Водород		560	0,016

Таблица 8.Т7

Группы пыли

Россия		Типичная взрыво- опасная пыль	Европа	США NEC ARTICLE 500 (CLASS II)
ПУЭ, таблица 7.3.4	—			
Нижний концентрационный предел воспламенения (г/м ³). Температура воспламенения, °С	—	металл	в работе	E
	—	уголь	(to be ussied)	F
	—	мука, зерно		G

Таблица 8.Т8

Группы волокон

Россия		Типичные взрыво- опасные волокна	Европа	США NEC ARTICLE 500 (CLASS III)
ПУЭ, таблица 7.3.4	—			
Нижний концентрационный предел воспламенения (г/м ³). Температура воспламенения, °С	—	волокна	не классифи- цируются	без разделения на группы

Таблица 8.Т9

Классификация взрывоопасных зон

Стандарт	Вещество	Нормальное присутствие	Неустойчивое присутствие (периодическое)	Случайное присутствие
ПУЭ, глава 7, пп. 7.3.40 ÷ 7.3.43 ПУЭ, глава 7, пп. 7.3.45, 7.3.46	газ	В-І	В-Іа	В-Іб В-Іг (нар. установки)
	пыль	—	В-ІІ	В-ІІа
ГОСТ Р 51330.9-99	газ	Зона класса 0	Зона класса 1	Зона класса 2
ГОСТ Р 51330.22-99	пыль	Зона класса 20	Зона класса 21	Зона класса 22
IEC (международный) IEC 79-10	газ	Зона 0	Зона 1	Зона 2
	пыль	Зона 20	Зона 21	Зона 22
Европа EN 60079-10	газ	Зона 0	Зона 1	Зона 2
Канада (СЕС) США (NEC500) США-NEC 505	газ	Class I Дивизион I		Class I Дивизион II
	пыль	Class II Дивизион I		Class II Дивизион II
	волокна	Class III Дивизион I		Class III Дивизион II
	газ	Зона 0	Зона I*	Зона 2

* По NEC 505 соответствует классу I, дивизион II по NEC 500.

Таблица 8.Т10

А.2.2. Классификация проемов, как источников утечки

№ пункта приложения А ГОСТ Р 51330.9-99	Признаки классификации проемов	Тип проема			
		А	В	С	Д
А.2.2.1	Проем или отверстия открыты длительное время	+			
А.2.2.1	Проем или отверстия открываются часто	+			
А.2.2.2	Проем нормально закрыт, закрывается автоматически, имеет хорошее уплотнение, открывается редко		+		
А.2.2.3	Проем редко открывается, уплотнен по периметру			+	
А.2.2.3	Два последовательных проема типа В, имеющих независимые приспособления автоматического закрытия			+	
А.2.2.4	Проем или отверстие нормально закрыты, открываются только с помощью специальных инструментов в аварийных ситуациях				+

Таблица 8.Т10А

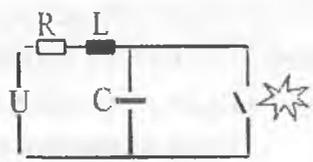
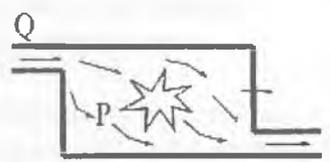
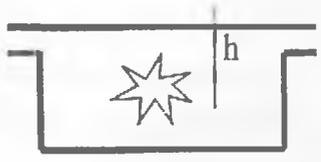
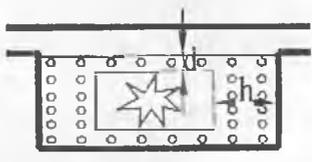
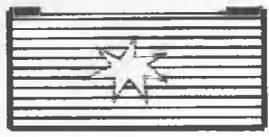
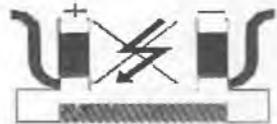
Типы проемов и соответствующие им утечки

Класс зоны, из которой возможна утечка через проем	Степень утечки через проемы, рассматриваемые как источники утечки			
	Тип проема			
	А	В	С	Д
Класс 0	постоянная	(постоянная) первая	вторая	нет утечки
Класс 1	первая	(первая) вторая	(вторая) нет утечки	нет утечки
Класс 2	вторая	(вторая) нет утечки	нет утечки	нет утечки

Примечание. Степени утечки в скобках устанавливаются с учетом частоты открытия проема.

Таблица 8.Т11

Вид взрывозащиты

Обозначение		Стандарт			Общие принципы	Зона класса взрывоопасности по ГОСТ	Диаграмма
ПВЭ	ПУЭ п. 7.3.33	ГОСТ Р	IEC	CENELEC			
1	2	3	4	5	6	7	8
В	d	51330.1-99 51330.2-99	79.1	50018	Взрывонепроницаемая оболочка	1,2	
Иа* Иб* Ис*	ia* ib* ic*	51330.10-99	79.11	50020 50039	Искробезопасная электрическая цепь ia – зона 0 ib – зона 1	ia – 0,1,2 ib – 1,2	
П	p	51330.3-99	79.2	50016	Повышенное давление или продувка оболочки избыточным давлением	(0),1,2	
М	o	51330.7-99	79.6	50015	Погружение в масло	1,2	
К	q	51330.6-99	79.5	50017	Заполнение порошком (кварцем)	(0),1,2	
—	m	51330.17-99	79.18	50028	Герметизация, залитое исполнение, капсулирование	1,2	
Н	e	51330.8-99	79.7	50019	Повышенная защита, защита вида «е»	1,2	
—	n	51330.14-99	79.15	50021	Отсутствие искрообразования	2	

Окончание табл. 8.Т11

1	2	3	4	5	6	7	8
С	s	—	—	—	Специальный вид защиты только UK и GER	—	—
A	—	—	—	—	Автоматическое отключение от источника электроэнергии	—	—

Примечание.

* знак (обозначение) уровня искробезопасной электрической цепи для оборудования соответствующей уровню взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76*:

Ia/ia – особо взрывобезопасный;

Ib/ib – взрывобезопасный;

Ic/ic – повышенная надежность против взрыва.

Таблица 8.Т12

**Предполагаемое использование электроаппаратов
и оборудования различных видов взрывозащиты**

Обозначение вида взрывозащиты	Общие принципы	Зона класса взрывоопасности по ГОСТ	Предполагаемое применение
d	Взрывонепроницаемая оболочка	1,2	Выключатели, командные и показывающие устройства, преобразователи, электродвигатели, трансформаторы, осветительное оборудование и др. неискрящие изделия — с большой электрической мощностью
i	Искробезопасная электрическая цепь	(0), 1,2	Измерительная, регулирующая, коммутационная техника
p	Повышенное давление или продувка избыточным давлением	(0), 1,2	Клеммные отсеки, соединительные коробки, шкафы управления и питания, эл. двигатели, др. неискрящее оборудование больших габаритов или расположенное в крупных помещениях
o	Погружение в масло	1,2	Выключатели, трансформаторы, неподвижные электротехнические устройства
q	Заполнение порошком (кварцем)	(0), 1,2	Трансформаторы сухие, конденсаторы, нагревательные ящики (устройства)
m	Герметизация, залитое исполнение, капсулирование	1,2	Выключатели малой мощности, реле, командные, измерительные и указывающие приборы, датчики, искробезопасные барьеры
	Повышенная защита, защита вида «е»	1,2	Клеммные отсеки, соединительные коробки, шкафы питания для Ex-установок, электродвигатели
n	Отсутствие искрообразования	2	Электродвигатели, осветительные приборы
s	Специальный вид защиты в UK и GER	0,1,2	Датчики загазованности

Таблица 8.Т13

Маркировка электрооборудования по взрывозащите

ГОСТ 12.020-76, ПУЭ-86 т. 7.3.8, ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079.0-98)	Индекс вида взрывозащиты электрооборудования	Представительная взрывоопасная смесь	EN 50.014
1 Exd II AT1 1 Exd II CT 6	d	метан сероуглерод	Exd II AT 1 Exd II CT 6
2 Eхе II CT 4	e	серный эфир	Ехе II CT 4 ЕЕхе II CT 4
1 Exo II BT 2	o	дивинил	Exo II BT 2
1 Exр II CT 3	p	трихлорсилан	Exр II CT 3
1 Exs II BT 2	s	окись этилена	Exs II BT 2
0 Exia II CT 1	i	водород	Exia II CT 1

Таблица 8.Т14

Подгруппы электрооборудования группы II видов защит «d» и «i»

Знак подгруппы электрооборудования	ПУЭ	EN 50.014	
	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным защита видов «d» и «i»	Безопасный зазор БЭМЗ-MESG (мм) защита вида «d»	Минимальное отношение тока воспламенения по метану MBT-MIC защита вида «i»
II A	II A	$\geq 0,9$	$\geq 0,8$
II B	II A, II B	$0,5 < \cdot < 0,9$	$0,45 < \cdot < 0,8$
II C	II A, II B, II C	$\leq 0,5$	$\leq 0,45$

Примечания:

Категория взрывоопасной смеси по ПУЭ, п. 7.3.26 соответствует величинам БЭМЗ и MBT по ГОСТ 51330.11-99. Величины БЭМЗ и MBT, в свою очередь, соответствуют аналогичным величинам MESG и MIC по EN 50.014.

Температурная группа смеси (температурный класс) принята по таблице 8.Т2.

Пример маркировки взрывозащищенного электроустройства приведен в схеме 8.Сх3.

Пример маркировки приведен по ПУЭ, издание 6, ГОСТ 12.020-76 и по европейским нормам EN 50.014.

Маркировка электрооборудования в США и Канаде кардинально отличается от маркировки в странах Западной Европы и России. Для электрооборудования в США и Канаде определяется область его применения; вид взрывозащиты по европейским понятиям трудно определить.

Таблица 8.Т15

**Уровни искробезопасных электрических цепей
по учету количества повреждений элементов (ГОСТ Р 51330.10-99, гл. 5)**

Наименование случаев	Уровни искробезопасных электрических цепей					
	<i>ia</i>			<i>ib</i>		<i>ic</i>
	случай			случай		
	а)	б)	в)	а)	б)	
Нормальная работа	да	да	да	да	да	да
Учитываемые повреждения	—	1	2	—	1	—
Неучитываемые повреждения, создающие наиболее опасные условия	все	все	все	все	все	все
Коэффициент искробезопасности* по току и напряжению	1,5 ÷ 2,0			1,5 + 2,0		1,5 ÷ 2,0
Коэффициент искробезопасности* при оценке температуры	1,0			1,0		1,0

* Коэффициент искробезопасности (K_i) — отношение минимальных воспламеняющих параметров к соответствующим искробезопасным.

Таблица 8.Т16

Сравнение параметров электрооборудования в ИБЦ

Взрывоопасная зона (ВОЗ)		Индекс сравнения-подтверждения ИБЦ	Взрывобезопасная зона (ВБЗ)			
Полевое ЭО + кабель (ЭО ВОЗ + кабель)			Пассивные блоки искрозащиты, БИС		Связанное ЭО, (ЭО ВБЗ)	
Параметр			Параметр		Параметр	
Обозначение	Наименование		Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование
U_{max}	Максимальное напряжение на оборудовании, внешнее напряжение	\geq	E_{max}	Максимальное напряжение при аварийном режиме (амплитуда)	U_0	Максимальное напряжение
I_{max}	Максимальный ток (амплитуда), протекающий в оборудовании	\geq	$I_{кз}$	Максимальный ток короткого замыкания	$I_{кз}$	Допустимый ток короткого замыкания
P_{max}	Максимальное значение установленной мощности оборудования	\geq	—	—	P_c	Максимальная установленная мощность оборудования
$C_{п} + C_{к}$	Максимальное значение внутр. емкости + емкость кабеля	\leq	—	—	C_c	Максимальное значение внутр. емкости
$L_{п} + L_{к}$	Максимальное значение внутренней индуктивности + индуктивность кабеля	\leq	$L_{п} + L_{к}$	Максимальная индуктивность ИБЦ до БИС	L_c	Максимальное значение внутренней индуктивности

Таблица 8.Т17

**Электрические параметры электрооборудования простой ИБЦ
(расчетная таблица)**

Электро- оборудова- ние	Описание модели/ типа	Изго- тови- тель	Свиде- тельство взрыво- защиты	Электрические параметры					Группа взрывоза- щиты элек- трообору- дования
				$U_0, U_{max},$ В	$I_{кз}, I_{max},$ В	$P_c, P_{max},$ мВт	$C_c, C_n,$ $C_k, нФ$	$L_c, L_n,$ $L_k, мГн$	
Связанное									
Искробез- опасное									
Кабельное соедине- ние	$C_k = 110 \text{ нФ/км}, L_k = 1 \text{ мГн/км}, I_k - \text{расчетное}$								
Суммарное значение $\Sigma C = C_n + C_k, \Sigma L = L_n + L_k$									
Сравнение параметров. условия искробезопасности ИБЦ: да/нет				$U_{max} \geq U$	$I_{max} \geq I_{кз}$	$P_{max} \geq P_c$	$C_c \geq \Sigma C$	$L_c \geq \Sigma L$	

Примечание. Таблица заполняется при расчете.

Таблица 8.Т18

**Максимально допустимые значения индуктивности
для подгрупп взрывозащищенного электрооборудования**

Подгруппа взрывозащищенного ЭО (вид взрывоопасной смеси)	Максимальная допустимая индуктивность, мГн
ПС (водородно-воздушная смесь)	0,15
	0,5
	1
	2
	5
ПВ (этиленовоздушная смесь)	0,5
	1
	5
	10
	25

Таблица 8.Т19

**Зависимость электрических зазоров и путей утечки
от амплитудных значений напряжений**

Напряжение, В	Пути утечки		Электрические зазоры		Толщина слоя изоляционного компаунда, мм
	для незалитых компаундом, мм	для залитых компаундом, мм	для незалитых компаундом, мм	для залитых компаундом, мм	
До 30	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0
Свыше 30 до 60	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0
> 60 > 90	4,0	1,3	4,0	1,3	1,5
> 90 > 190	8,0	2,6	6,0	2,0	2,0
>190 > 375	10,0	3,3	6,0	2,0	2,0
> 375 > 550	15,0	5,0	6,0	3,0	3,0
> 550 > 750	18,0	6,0	8,0	5,0	5,0
> 750 > 1000	25,0	8,3	10,0	5,0	5,0
> 1000 > 1300	36,0	12,0	14,0	5,0	5,0

Таблица 8.Т20

Испытательные напряжения для разных видов изоляции

Изоляция между ИБЦ и другими электрическими цепями	Испытательное напряжение (действующее значение), В
Искробезопасными цепями, гальванически не связанными между собой	2U ном, но не менее 500
Искробезопасной цепью и заземленными частями электрооборудования, если цепь по условиям работы не должна заземляться	
Искробезопасной цепью и искроопасной, гальванически отделенной от силовой внешней цепи	
Искробезопасной цепью и искроопасной, гальванически связанной с силовой внешней цепью с напряжением до 60 В, для электрооборудования группы I	(2U ном + 1000), но не менее 1500
Искробезопасной и силовой внешней цепью с номинальным напряжением до 250 В	
Искроопасной цепью, гальванически связанной с искробезопасной, и силовой внешней цепью с номинальным напряжением до 250 В	свыше 250 В (2Uном + 1000), но не менее 2000
Искробезопасной и силовой внешней цепью с номинальным напряжением свыше 250 В	
Искроопасной, гальванически связанной с искробезопасной, и силовой внешней цепью с номинальным напряжением	

Таблица 8.Т21

Показатели качества сопротивления и проводимости основных нефтепродуктов

Нефтепродукт	Давление паров	Температура вспышки	Удельное электро-сопротивление (Ом·м)	Удельная электропроводность* (пСм/м)	Примечание
<i>Светлые нефтепродукты</i>					
Авиационные и моторные бензины**	Высокое	Низкая	(А66) $10^{11}-10^{12}$ (Б70) $10^{11}-10^{12}$ (Б95) $10^{11}-10^{12}$	10-300	Авиационные и моторные топлива могут иметь низкую электропроводность и, следовательно, способны накапливать статическое электричество. Хотя некоторые добавки к моторному бензину могут значительно превышать его электропроводность, в целях безопасности рассматривайте все бензины, как накопители статического электричества
Керосин	Среднее	Средняя	10^9-10^{11}	< 50	Низкая электропроводность. Рабочие температуры могут быть близки к температуре вспышки. Необходима осторожность при возможных погрузках с переменной продукта
Реактивное топливо	Среднее	Средняя	(ТС-1) $10^{11}-10^{14}$ (Т-1) 10^8-10^{11}	< 50	Для удовлетворения требований к качеству продукта необходимы специальные приемы обращения, в зависимости от того, в какой части системы распределения топлива предстоит обращаться с этим продуктом. Электропроводность может быть как выше, так и ниже 50 (пСм/м)
Дизельное топливо**	Низкое	Высокая	10^8-10^{10}	< 50	Может иметь очень низкую электропроводность и накапливать статический заряд. Необходима осторожность из-за возможных погрузок с переменной продукта
Газолин	Низкое	Высокая	$6 \cdot 10^7$	< 50	
<i>Темные нефтепродукты</i>					
Нефтяное горючее	Низкое	Высокая	(мазут)	50-1000	Не накапливают статического электричества, но при хранении выделяют пары. Рассматривайте паровое пространство как зону класса 0

Окончание табл. 8.Т21

Нефтепродукт	Давление паров	Температура вспышки	Удельное электро-сопротивление (Ом·м)	Удельная электропроводность* (пСм/м)	Примечание
Битум***	Среднее	Низкая	(битумы, асфальты) $10^{12}-10^{14}$	> 1000	Не накапливают статического электричества, но может потребоваться проводить работы при температурах выше температуры вспышки
Сырая нефть	Высокое	Низкая		> 1000	Не являются накопителями статического электричества. Поскольку присутствуют летучие компоненты, приходится обращаться с продуктом при температурах выше температуры вспышки
<i>Смазочные масла</i>					
Смазочные масла (осн. сырье)	Низкое	Высокая	10^{12}	0,1-1000+	Не накапливают статического электричества, но при хранении выделяют пары. Рассматривайте паровое пространство как зону класса 0
Смазочные масла (смешанное)	Низкое	Высокая	$2 \cdot 10^9$	50-1000+	Большинство смешанных смазочных масел содержат добавки, обладающие высокой электропроводностью

* Приведенные здесь значения электропроводности являются только типичными значениями для каждого из классов продуктов.

** Имейте в виду, что некоторые добавки, вводимые для улучшения характеристик, могут значительно увеличивать электропроводность.

*** Разбавленный битум обычно изготавливают с использованием растворителя, имеющего среднее значение температуры вспышки, но для некоторых областей применения используется растворитель с низкой температурой вспышки. Поэтому к выбору электрического и прочего оборудования необходимо подходить с осторожностью.

Таблица 8.Т22

Минимальная энергия, необходимая для воспламенения некоторых паро- и газозвудушных и пылевоздушных смесей, мДж по ВСН 10-72

Минимальная энергия воспламенения, мДж			
Паро- и газозвудушная смесь		Пылевоздушная смесь	
Наименование смеси	Величина энергии	Наименование смеси	Величина энергии
Аммиак	6,8	Алюминий	20
Ацетилен	0,011	Ацетилцеллюлозная пресс-масса	10
Ацетон	0,25	Древесная мука	60
Бензин Б-70	0,15	Канифоль	10
Водород	0,011	Крахмал	40
Гексан	0,23	Магний	15
Керосин	0,48	Мука пшеничная	11,5
Метан	0,28	Полистирол эмульсионный	1,8
Метиловый спирт	0,14	Полиэтилен	80
Нефтяной газ	0,26	Резина	30
Окись углерода	8,0	Сера	9
Окись этилена	0,06	Уголь	40
Пропан	0,26	Фенольные пресс-материалы	10
Пропилен	0,17	Хлопковый пух	10
Сероводород	0,077		
Серовуглерод	0,009		
Этиловый спирт	0,14		
Этилен	0,096		

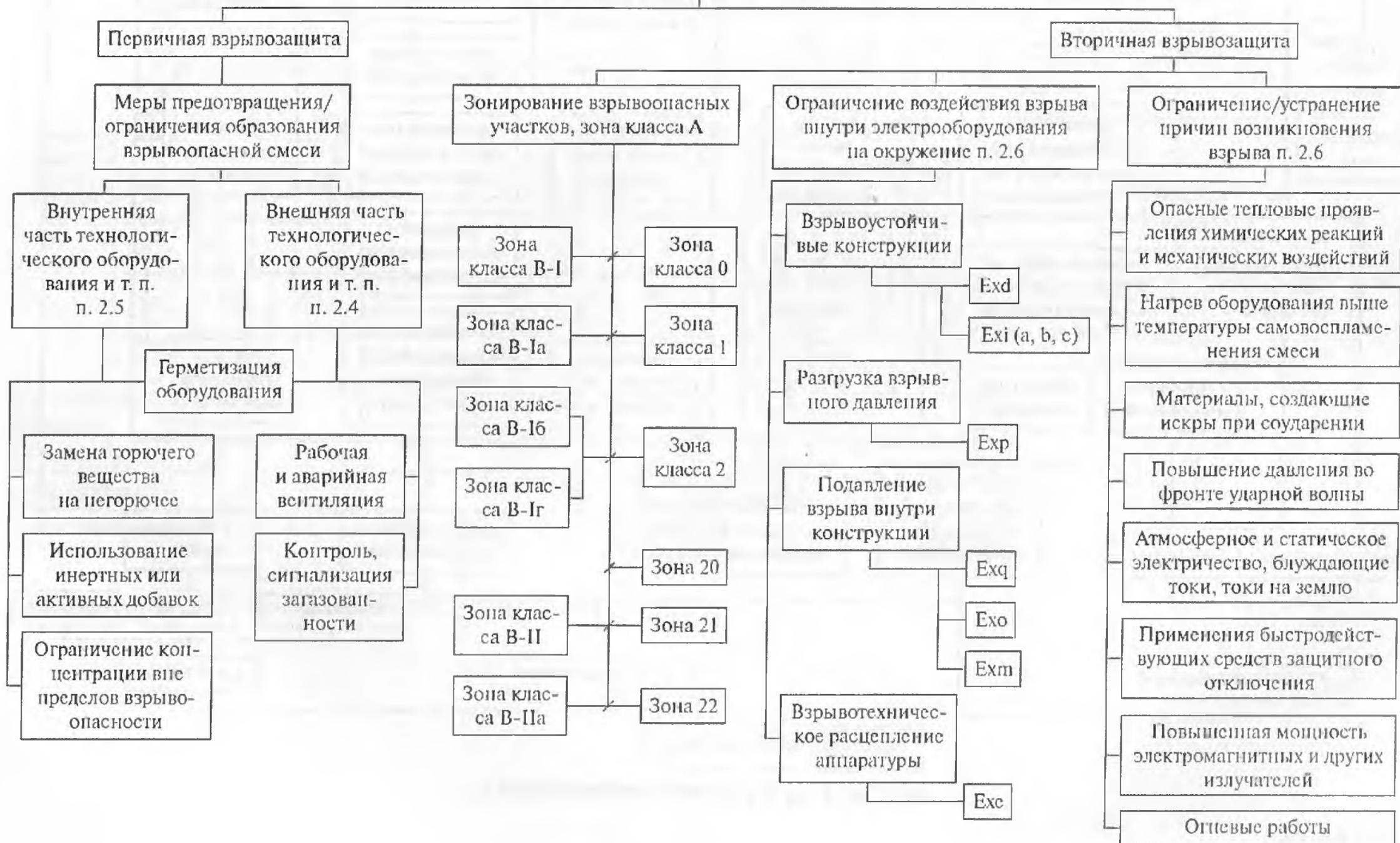
Таблица 8.Т23

Типовые параметры разряда молнии

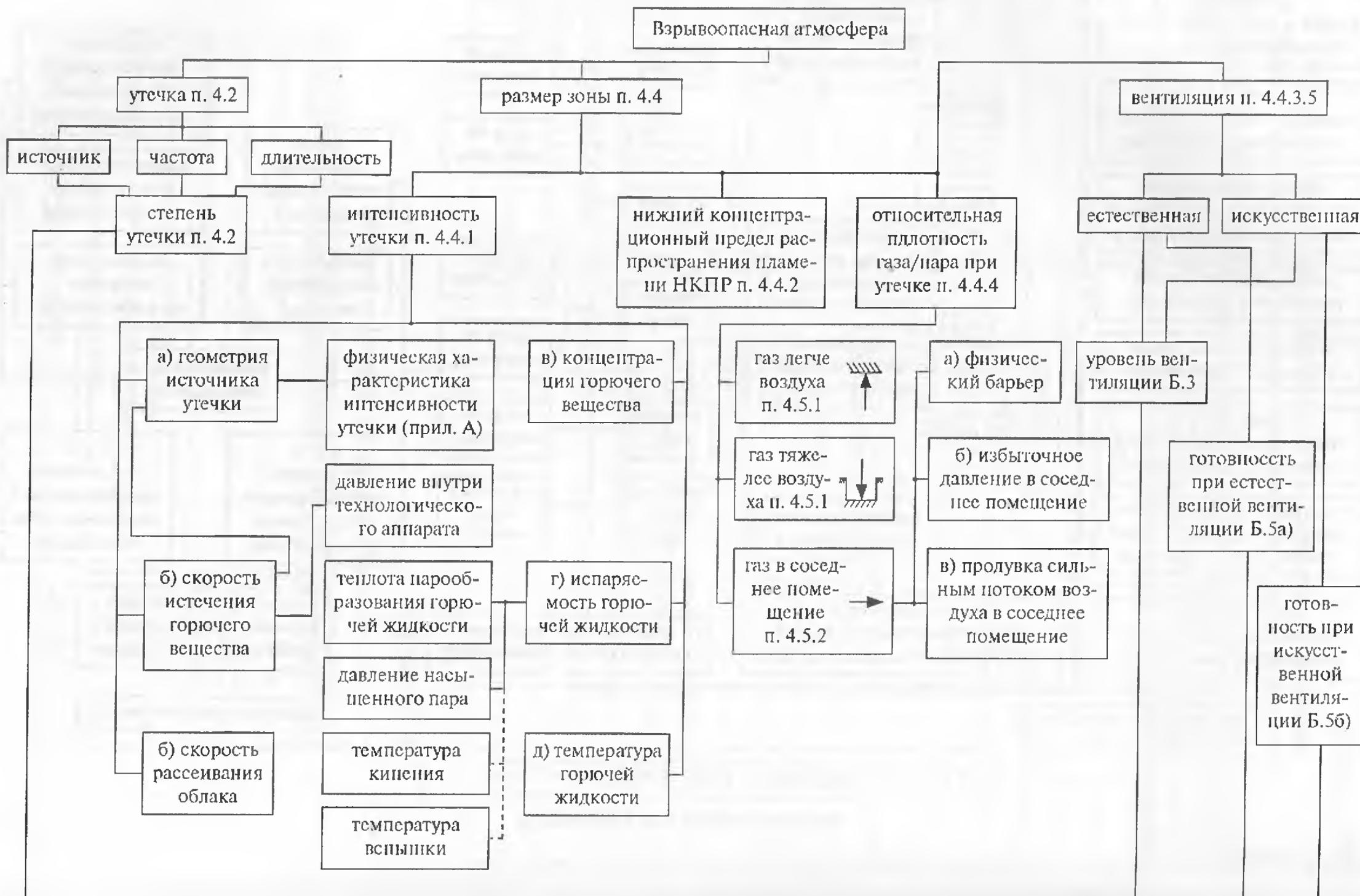
Параметр	Значение
Средняя мощность разряда	более 1 МВт
Пиковое значение разрядного тока	около 200 кА
Скорость нарастания тока	200 кА/мкс
Ток продолжительного разряда	более 10 кА
Напряжение, наводимое между линиями	400 МВ
Скорость нарастания напряжения	12 кВ/мкс
Длительность разряда молнии	300 мкс

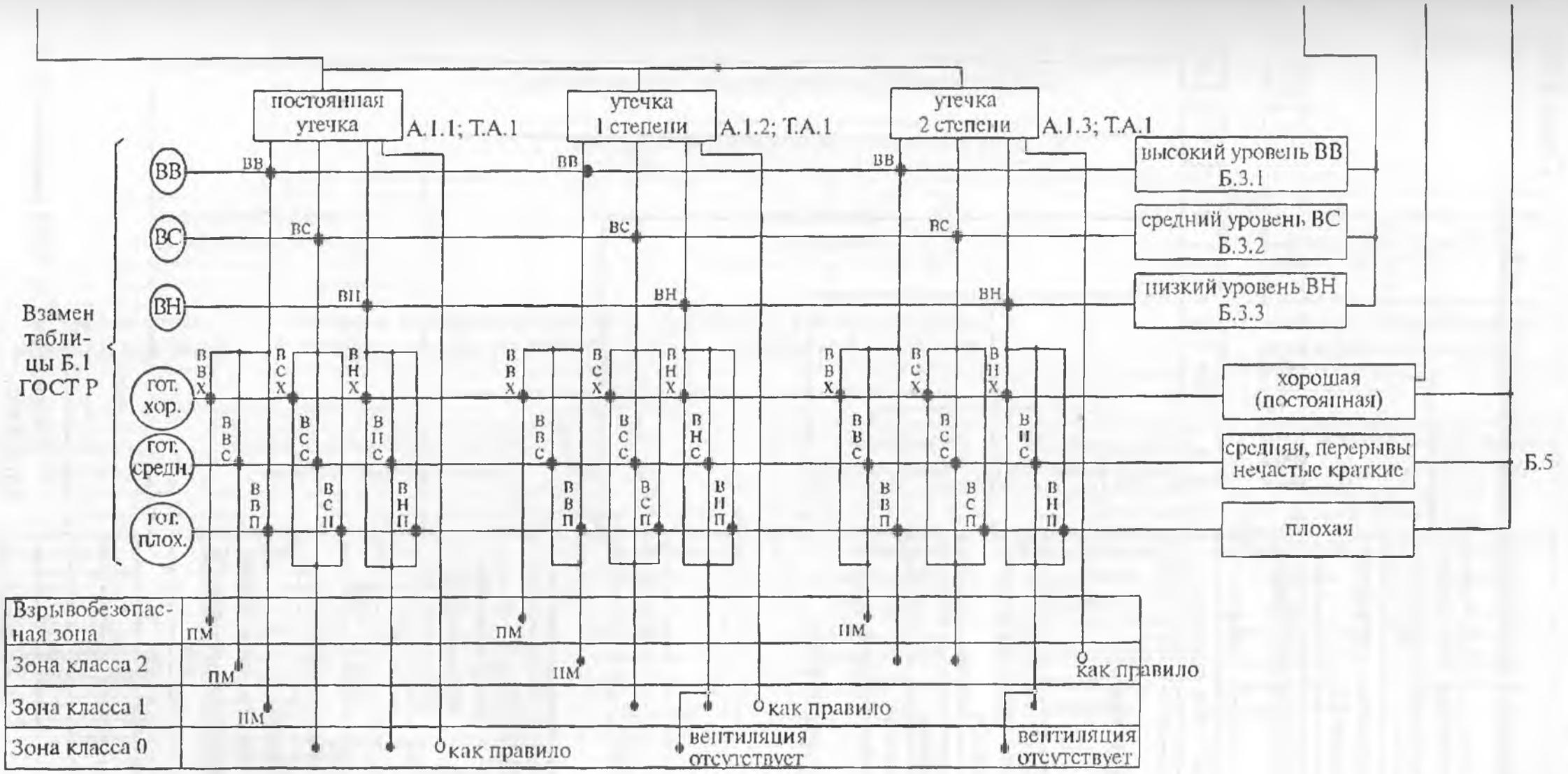
Структура мер взрывозащиты

Меры взрывозащиты ГОСТ 12.1.010-76*



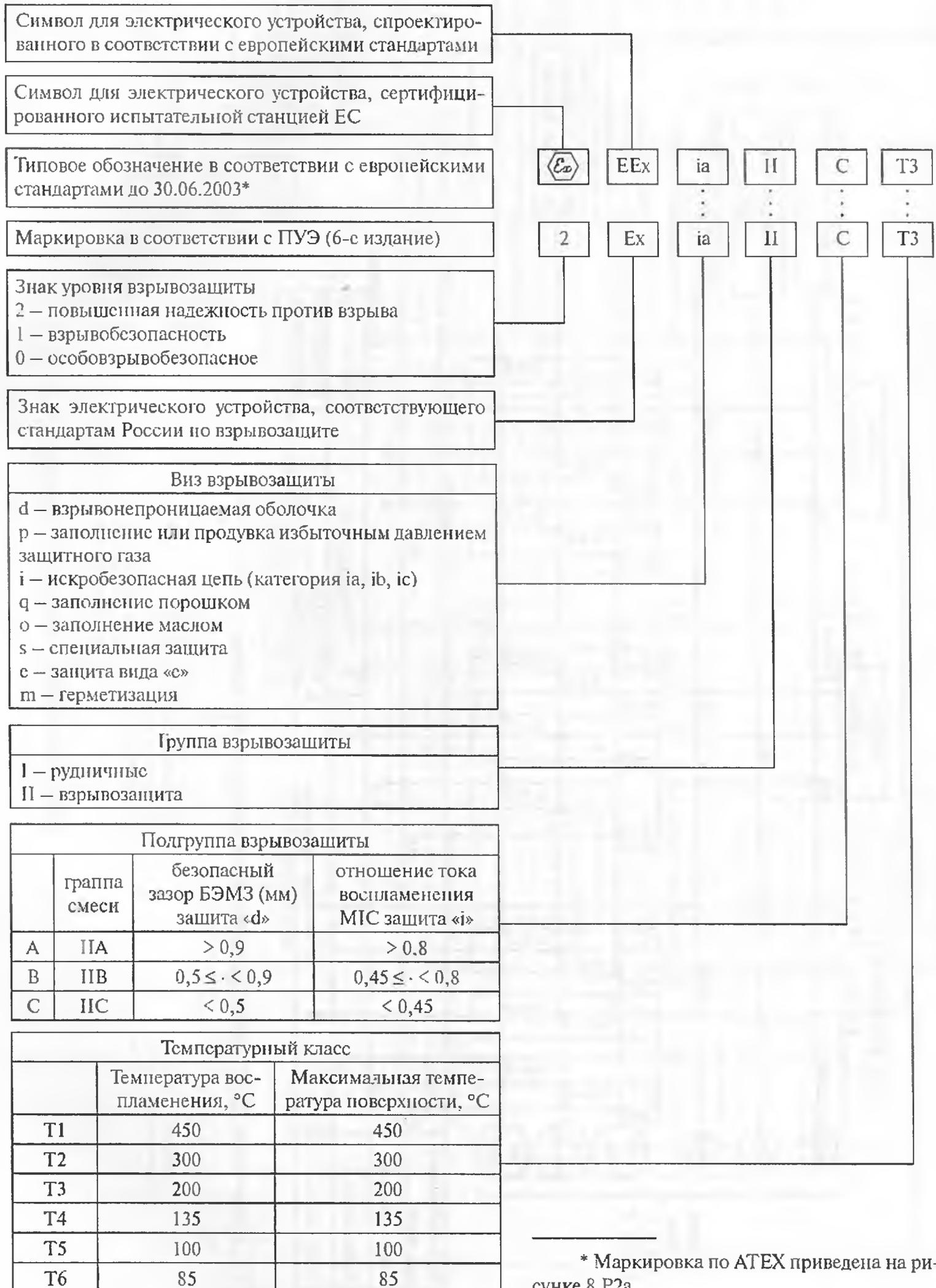
Взрывоопасные зоны ГОСТ Р 51330.9-99



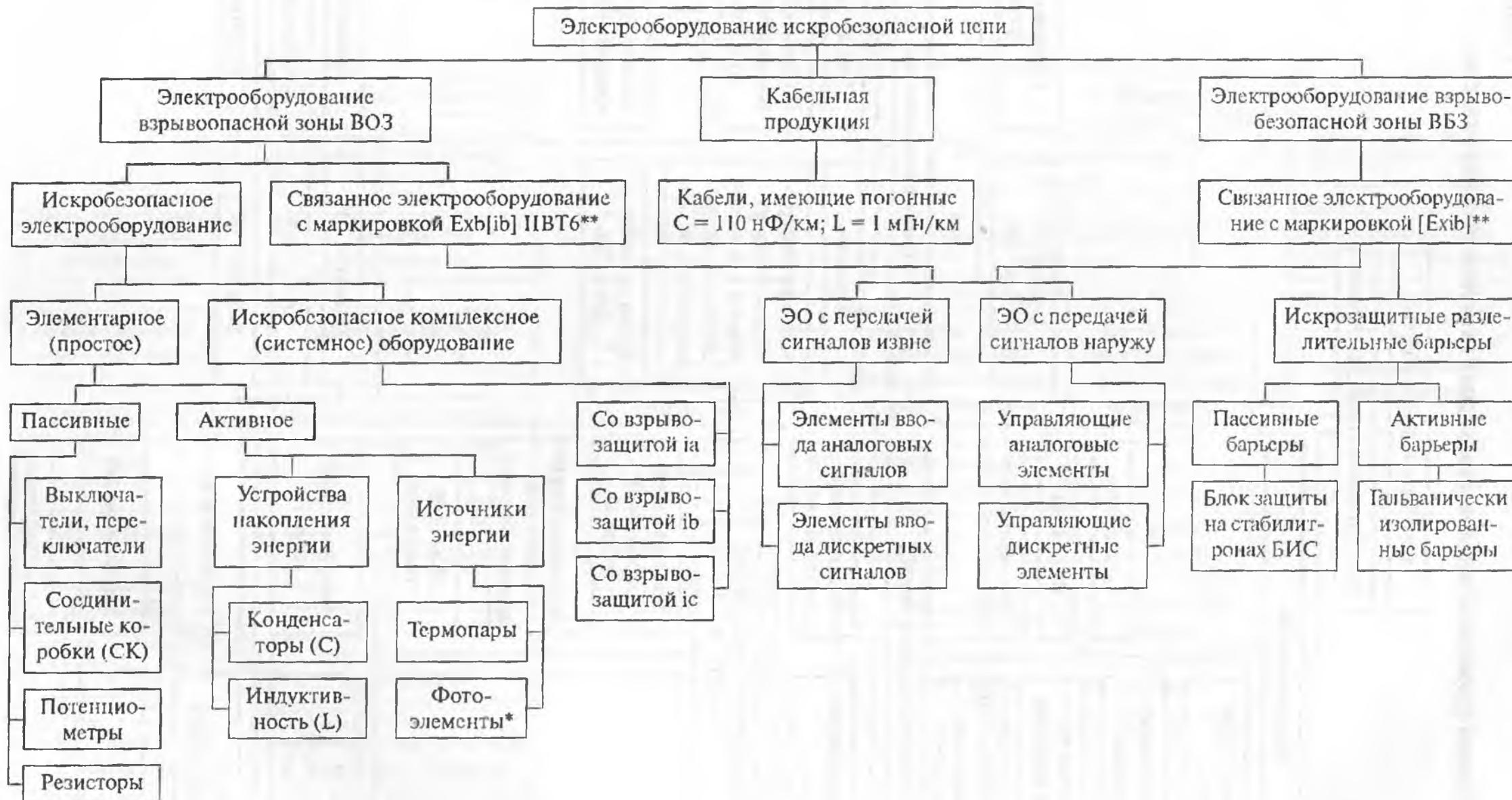


Примечание. ПМ – пренебрежительно малая величина смеси.

Пример маркировки взрывозащищенного электроустройства



Составные части электрооборудования ИБЦ

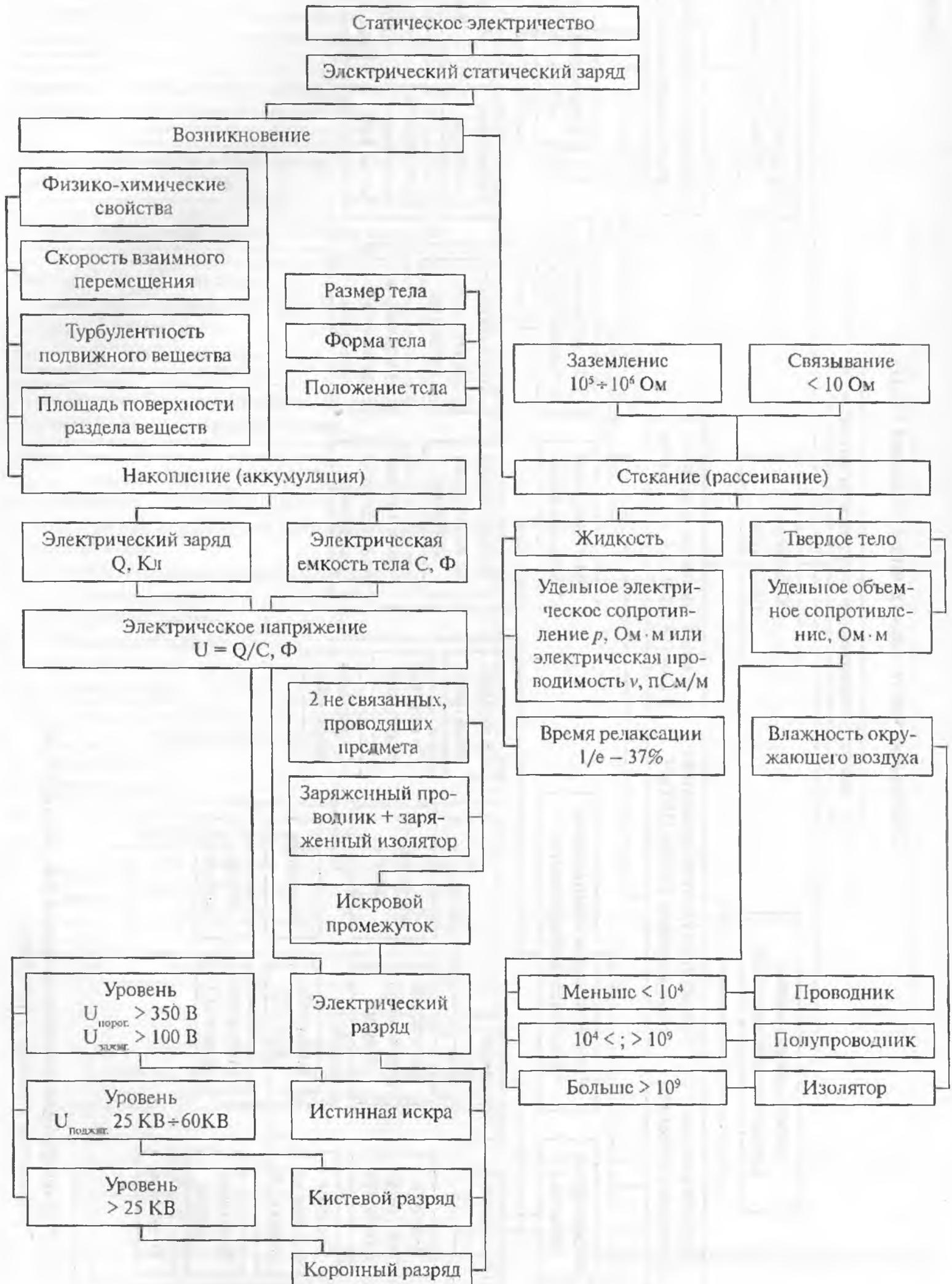


* Генерирующие величины не более 1,5 В; 100 мА; 25 мВт.

** Приведена условная маркировка.

Схема 8.Сх5

Условия появления зарядов и разрядов статического электричества



Опасное воздействие молнии по РД 34.21.122-87



* Выделяемая энергия на 2–3 порядка превышает минимальную энергию воспламенения газо- и пылевоздушных смесей.

Глава 9. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

	Лист
9.1. Электроустановки	9–2
9.2. Рабочие и защитные проводники.....	9–3
9.3. Классификация электропомещений	9–3
9.4. Виды опасностей электроустановок.....	9–4
9.4.1. Электробезопасность для людей	9–5
9.5. Основное требование электробезопасности.....	9–6
9.6. Системы токоведущих проводников.....	9–7
9.7. Система заземления	9–7
9.8. Меры защиты от поражения электрическим током	9–9
9.9. Заземление АСУТП.....	9–9
9.10. Основная изоляция.....	9–11
9.11. Ограждения, оболочки, барьеры	9–11
9.12. Размещение вне зоны досягаемости	9–12
9.13. Сверхнизкое напряжение СНН.....	9–12
9.14. Устройства защитного отключения УЗО.....	9–13
9.15. Автоматическое отключение питания	9–14
9.16. Уравнивание потенциалов	9–14
9.17. Двойная, дополнительная и усиленная изоляция	9–15
9.18. Электрическое разделение цепей	9–16
9.19. Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки	9–17
9.20. Тепловое воздействие.....	9–18
9.21. Защита в пожароопасных зонах	9–19
9.22. Защита от сверхтока	9–20
9.23. Защита от понижения напряжения	9–21
9.24. Электромагнитная совместимость	9–22
9.25. Защита от импульсных напряжений	9–24
9.26. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе	9–26
9.27. Технический материал, использованный в главе	9–27
9.28. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	9–27

Перечень рисунков

9.P1. Характеристики опасности поражения человека электрическим током	9–29
9.P2. Защита при косвенном прикосновении (защита от повреждений).....	9–30
9.P3. Пример выполнения защитного заземления в электроустановке АСУТП.....	9–31
9.P4. Система уравнивания потенциалов в здании	9–32
9.P5. Включение УЗИП в электропитающую линию.	9–33

Перечень таблиц

9.T1. Меры защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме и при повреждении изоляции со ссылками на пункты ПУЭ (7 издание) и ГОСТ Р 50571.3–94	9–34
9.T2. Меры защиты в зависимости от значений номинальных напряжений по ПУЭ (7 издание) и ГОСТ Р 50571.3–94 и сравнение их с мерами защиты по ПУЭ (6 издание).....	9–35
9.T3. Применение электрооборудования классов 0, I, II, III в электроустановках напряжением до 1 кВ	9–36

- 9.Т4. Максимальные температуры доступных для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы9–36
- 9.Т5. Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны.....9–37
- 9.Т6. Применение устройств защиты от сверхтоков различного вида по ГОСТ Р 50571.5–949–37
- 9.Т7. Основные требования к УЗИП разных классов.....9–38
- 9.Т8. Категоричность электрооборудования по стойкости к перенапряжениям.....9–39

Перечень схем

- 9.Сх1. Классификация помещений по влажностно-температурным показателям, наличию технологической пыли и агрессивной среды, по опасности поражения людей электрическим током.....9–40
- 9.Сх2. Системы заземления.9–41
- 9.Сх3. Меры защиты электробезопасности в электроустановках напряжением до 1000 В по ПУЭ (7 издание)9–43
- 9.Сх4. Система питания и заземления СВТ.....9–44

9.1. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Автоматизированная система управления технологическим процессом АСУТП и система автоматизации СА относится к разряду электроустановок зданий, на которые распространяются «Правила устройства электроустановок» – ПУЭ, комплекс стандартов на электроустановки зданий – ГОСТ 30331 / ГОСТ Р 50571 / МЭК 364.

«Комплекс стандартов на электроустановки зданий (п. 2.1 ГОСТ Р 50571.1-93) содержит требования по проектированию, монтажу, наладке и испытанию электроустановок, а также по выбору электрооборудования, обеспечивающие их безопасность и удовлетворительную работу при условии использования по назначению». Требования комплекса стандартов относятся к электроустановкам проектируемых, строящихся и реконструируемых зданий, сооружений и помещений, а также рекомендуются к применению для проведения мероприятий по повышению безопасности электроустановок действующих зданий, сооружений и помещений.

Электроустановка в трактовке ГОСТ (п. 3.2 ГОСТ Р 50571.1-93) – любое сочетание взаимосвязанного электрооборудования в пределах данного пространства или помещения.

Электрооборудование (п. 3.1 ГОСТ) – любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, распространения или потребления электричества, например машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, электроприемники.

В то же время ПУЭ характеризует (п. 1.1.3) электроустановку как «совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии».

Разница интерпретации терминов, в основном, заключается в том, что ГОСТ трактует «потребление электроэнергии» в широком смысле, а ПУЭ ограничивает трактовку «преобразованием электроэнергии в другие виды энергии».

Пункт 1.1.4 ПУЭ: открытые или наружные электроустановки – электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий. Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Закрытые или внутренние электроустановки – электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

По п. 1.1.5 ПУЭ: электропомещения – помещения и отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

Открытая проводящая часть ОПЧ – (3.5. ГОСТ) – нетоковедущая часть, доступная прикосновению человека, которая может оказаться под напряжением при нарушении изоляции токоведущих частей.

Под нетоковедущей частью понимают токопроводящую часть электроустановки, не находящуюся в процессе работы под рабочим напряжением, но в случае нарушения изоляции токоведущей части (части, находящейся в процессе работы под рабочим напряжением) относительно земли может оказаться под напряжением.

Сторонняя проводящая часть СПЧ (3.6 ГОСТ) – проводящая часть, которая не является частью электроустановки: металлоконструкции здания, металлические сети

газа, водопровода, отопления и т. п. и неэлектрические аппараты, электрически присоединенные к ним (радиаторы, неэлектрические плиты для приготовления пищи, раковины и т. п.), полы и стены из неизоляционного материала.

Опасная токоведущая часть ОТЧ – проводники или проводящая часть электроустановки, предназначенные для протекания тока в нормальных условиях, включая нулевой рабочий проводник N и PEN-проводник.

9.2. РАБОЧИЕ И ЗАЩИТНЫЕ ПРОВОДНИКИ

Нулевой рабочий проводник N (п. 3.9. ГОСТ) – проводник, используемый для питания приемников электрической энергии и соединения одного из выводов с заземленной нейтралью электроустановки. Проводник N применяется в системе TN-S, TT и IT.

Совмещенный нулевой рабочий защитный проводник PEN-проводник (п. 3.10 ГОСТ) – проводник, сочетающий функции защищенного и нулевого рабочего проводников. PEN применяется в трехфазной системе TN-C и TN-C-S.

Нулевой защитный проводник PE (п. 3.8. ГОСТ) – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока. PE применяется в системе TN-S, TT и IT.

Защитный проводник PE (п. 3.7. ГОСТ) – проводник, применяемый:

- для каких-либо защитных мер от поражения электрическим током в случае повреждения;
- для соединения открытых проводящих частей ОПЧ:
- с другими ОПЧ;
- с СПЧ;
- с заземлителями, заземляющим проводником или заземленной токоведущей частью.

Функции перечисленных проводников будут рассмотрены ниже в разделах 9.8, 9.9.

9.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПОМЕЩЕНИЙ

Классификация электропомещений по влажностно-температурным показателям, наличию технологической пыли и агрессивной среды, по опасности поражения людей электрическим током представлены в схеме 9.Сх1.

В отношении поражения людей электротоком электропомещения различаются (п. 1.1.13 ПУЭ):

- **помещения без повышенной опасности**, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;
- **помещения с повышенной опасностью**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:
 - а) помещения сырые, в которых относительная влажность воздуха превышает 75% (п. 1.1.8);

б) помещения пыльные с токопроводящей пылью, в которых, наряду с помещениями с нетокопроводящей пылью, по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. (п. 1.1.11)

в) помещения с токопроводящими полами (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.) (п.1.1.13, 2б);

г) помещения жаркие, в которых под воздействием различных тепловых излучений постоянно или периодически (более 1 суток) температура превышает $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (например, помещения с сушилками, с печами обжига, котельные) (п.1.1.10);

д) помещения, в которых имеется возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединения с землей, с технологическим аппаратом, механизмом и т. п., с одной стороны и к металлическим частям электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой (п. 1.1.13, 2г).

— **особоопасные помещения**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих опасность:

а) помещения особо сырые, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой) (п. 1.1.9);

б) помещения с химически активной или органической средой, в которых постоянно или длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования (п. 1.1.12);

в) помещения одновременно с двумя или более условиями повышенной опасности (см. выше) (п.1.1.13, 3в).

Территория открытых установок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям (п. 1.1.13, 4).

Помещения и территории открытых/наружных электроустановок вносят дополнительные требования по выбору средств автоматизации и вычислительной техники (температура, влажность, солнечная радиация, осадки и т. п.).

Применение электротехнических изделий с различными оболочками, имеющими степень защиты IP по ГОСТ 14254-80, климатическими исполнениями и категориями размещения изделий по ГОСТ 15150-69 в этой главе не рассматривается.

9.4. ВИДЫ ОПАСНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Меры защиты для обеспечения электробезопасности людей, домашних животных, окружающей среды и имущества от опасности ущерба должны действовать во всех режимах работы электроустановок. Виды опасности при эксплуатации электроустановок (примечание к п. 1.1 части 2 ГОСТ Р 50571.1-93):

— поражение электрическим током:

а) при непосредственном прикосновении к токоведущим частям ОТЧ (прямой контакт), находящимся под напряжением, или приближение к ОТЧ на расстояние менее безопасного;

б) при косвенном прикосновении к открытым проводящим частям ОТЧ, к сторонним проводящим частям СПЧ, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции;

- возникновение пожара или взрыва ввиду высокой температуры или электрической дуги (см. главу 8 «Взрывобезопасность АСУТП и СА»);
- воздействие ионизирующего, радиационного, инфракрасного и ультрафиолетового излучений;
- воздействие вредных веществ, вибрации, ударов, шума;
- воздействие электромагнитных и электростатических полей;
- получение ожогов в результате контакта с нагретыми до высокой температуры частями оборудования.

9.4.1. Электробезопасность для людей

Люди подвергаются опасности при непосредственном протекании электрического тока через тело. Непрямое воздействие может иметь место через воздействие электрической дуги при замыкании на землю или при коротком замыкании, или при пожаре, или при работе с оборудованием, поврежденным под воздействием сверхтока или перенапряжения.

Протекание электрического тока через человеческое тело вызывает опасные для жизни человека мерцания желудочка сердца. Возникновение мерцания желудочка зависит от силы тока и времени воздействия тока.

Решающее значение для силы тока имеет полное сопротивление тела, которое уменьшается с повышением напряжения прикосновения. При переменном напряжении 220 В—50 Гц можно рассчитывать на полное сопротивление тела от 1000 до 2000 Ом, т. е. в случае прикосновения с большой поверхностью в экстремальном случае ток, протекающий через тело, может составлять от 200 мА до 100 мА. Кроме того, следует учитывать дополнительное сопротивление, как например сопротивление местонахождения.

Международное соглашение установило, что постоянно допустимое напряжение прикосновения ($U_{\text{п}}$) для людей не должны превышать 50 В при переменном токе и 120 В при постоянном токе.

В зависимости от силы тока, протекающего через тело человека, получаются зависящие от тока и времени диапазоны действия, различные для переменного и постоянного тока.

При протекании тока до 0,5 мА через тело, человек не ощущает воздействия тока (напряжения).

В пределах от порога осязаемости (0,5 мА) до порога судороги (10—500 мА в зависимости от времени воздействия) человек ощущает влияние тока, но без опасного действия.

В диапазоне между порогом судороги и порогом мерцания на человека действуют судорожные физиологические рефлексы, у него затрудняется дыхание. Далее в зависимости от времени воздействия в диапазоне от 40 до 500 мА увеличение тока выше порога мерцания вызывает со все более возрастающей вероятностью мерцание желудочка сердца человека, что может привести к непосредственному летальному исходу. Кроме того, человек может потерять сознание и ориентацию в пространстве, что также может привести к травмам различной тяжести.

Для того чтобы избежать опасных воздействий на человека со стороны электротока, необходимо учесть нижние критические параметры порогов судороги и мерцания — 10 мА для порога судорог и 30 мА для порога мерцания. Чтобы избежать перехода через порог судорог или порог мерцания, необходимо уменьшить время прохождения

тока через тело человека — 30 мА до 0,2 сек, а 10 мА — 0,8 сек. При этом следует иметь в виду, что чем выше прилагаемое напряжение в электрической цепи, тем меньше время прохождения тока.

9.5. ОСНОВНОЕ ТРЕБОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Основное требование электробезопасности электроустановок приведено в п. 1.7.49 ПУЭ (7 издание): токоведущие части не должны быть доступны для случайного/непреднамеренного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части (ОПЧ и СПЧ) не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки (при прямом прикосновении), так и при повреждении изоляции (при косвенном прикосновении).

Прямое прикосновение (п. 1.7.11 ПУЭ) — электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

Косвенное прикосновение (п. 1.7.12 ПУЭ) — электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями ОПЧ, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

Повреждение изоляции в п. 1.7.14 ПУЭ трактуется как единственное повреждение изоляции.

Для того, чтобы обеспечить защиту людей от опасных токов, установлены меры по защите от опасных токов, протекающих через тело, а именно (рис. 9.P2):

— «защита от непреднамеренного прямого прикосновения» как основная защита с помощью изоляции, для того чтобы предотвратить прикосновение к токоведущим частям электроустановок;

— «защита при косвенном прикосновении» как защита от ошибок, для того чтобы в случае ошибки или повреждения (например, замыкании рабочего провода на проводящий корпус) предотвратить разряд опасного напряжения прикосновения через человеческое тело. Защитное устройство должно производить выключение в течение 0,2 с., для того чтобы постоянно не превышалось допустимое напряжение прикосновения (при переменном напряжении 50 В).

При повреждении изоляции не исключена возможность прикосновения к рабочему проводу, т. е. «основная защита» больше не обеспечена. В этом случае важно иметь дополнительный защитный автомат с высокочувствительным расцепителем разностного тока с расцепителем $I_{\Delta} \leq 30$ мА, которое производит отключение в течение 0,2 с. В результате прикосновения человек получает электрический удар, так как сила тока сначала не ограничивается в своей силе устройством I_{Δ} , а отключается только в течение 30 мс. Если и при длительном времени воздействия требуется отключение ниже порога судороги (предела отпускания), то тогда необходимо использовать автомат с $I_{\Delta} \leq 10$ мА.

Каждая электроустановка имеет источник питания, характеризующийся постоянным или переменным родом тока, напряжением и отклонением напряжения, частотой и отклонением частоты, допустимым длительным током и током короткого замыкания.

Допустимый длительный ток (п. 3.16 ГОСТ Р 50571.1-93) — ток, который может длительно протекать по проводнику, причем установившаяся температура проводника не должна превышать заданное значение при определенных условиях.

Ток короткого замыкания (п. 3.19 ГОСТ) – сверхток, обусловленный повреждением с пренебрежимо малым сопротивлением между точками, находящимися под различными потенциалами в нормальных рабочих условиях; **сверхток** (п. 3.17) – ток, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока электроустановки.

9.6. СИСТЕМЫ ТОКОВЕДУЩИХ ПРОВОДНИКОВ

Питающая сеть электроустановки до 1 кВ (в главе рассматриваются только такие электроустановки) имеет следующие системы токоведущих проводников (п. 312.1 ГОСТ 50571.2-94).

Переменный ток:

- однофазные двухпроводные;
- однофазные трехпроводные;
- двухфазные трехпроводные;
- двухфазные пятипроводные;
- трехфазные четырехпроводные;
- трехфазные пятипроводные.

Постоянный ток:

- двухпроводные;
- трехпроводные.

9.7. СИСТЕМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Системы токоведущих проводников рассматриваются в системах заземления: TN, TN-C, TN-S, TN-C-S, IT, TT (п. 1.7.3 ПУЭ – 7 издание, п. 312.2 ГОСТ Р 50571.2-94).

Поясним значения букв в обозначении систем.

Первая буква – характер заземления источника питания:

T – заземленная нейтраль, непосредственное присоединение одной точки токоведущих частей источника питания к земле (terra);

I – изолированная нейтраль, все токоведущие части изолированы от земли или одна точка заземлена через сопротивление.

Сети, имеющие изолированную нейтраль питания могут быть: малыми сетями (например, сеть безопасного сверхнизкого напряжения БСНН и SELV с безопасным разделяющим трансформатором) или средними по размеру для питания отдельных цехов промышленных предприятий (например, цех электролитического получения алюминия).

Вторая буква – характер заземления открытых токоведущих частей ОПЧ электроустановки:

T – заземленные открытые токоведущие части ОПЧ, непосредственное присоединение ОПЧ к земле, независимо от характера заземления источника питания (первая буква T или I).

N – открытые проводящие части ОПЧ присоединены к точке заземления источника питания (в системах переменного тока – заземленная нейтраль).

Последующими буквами определяется функция нулевых (защитного и рабочего) проводников в характере заземления ОПЧ электроустановки:

S – нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены; функции этих проводников обеспечиваются отдельными проводниками;

C – функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников совмещены в одном проводнике (PEN).

Системы заземления по п. 1.7.3. ПУЭ (7 издание) и п. 312.2 ГОСТ Р 50571.2-94 следующие (схема 9.Сх2):

Система TN – система заземления, в которой нейтраль источника глухо заземлена (глухозаземленная нейтраль), открытые проводящие части ОПЧ электроустановки присоединены к точке заземления посредством нулевых защитных проводников PE.

Различают 3 типа системы TN в зависимости от устройства нулевого рабочего и нулевого защитного проводников (схема 9.Сх2).

Система TN-C – система TN, в которой в одном проводнике PEN на всем протяжении сети совмещены функции нулевого рабочего N и нулевого защитного PE проводников.

Система TN-C-S – система TN, в которой в одном проводнике PEN в части сети, начиная от источника питания, совмещены функции проводников N и PE.

Система TN-S – система TN, в которой на всем протяжении сети разделены проводники нулевой рабочий N и нулевой защитный PE.

Система TT – система заземления, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, открытые проводящие части ОПЧ электроустановки присоединены к заземлителю, электрически независимому от глухозаземленной нейтрали питания.

Система IT – система заземления, в которой источник питания и питающая сеть не имеют непосредственной связи с землей, или заземлена через приборы или устройства большого электросопротивления. Заземлены только открытые части электроустановки посредством заземляющего проводника.

Глухозаземленная нейтраль (п. 1.7.5. ПУЭ) – нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока.

Заземляющий проводник (п. 1.7.18 ПУЭ) – защитный проводник, соединяющий заземляемые части (точку) электроустановки с заземлителем.

Заземлитель (п. 1.7.15 ПУЭ, п. 3.12 ГОСТ Р 50571.1-93) – проводник (электрод) или совокупность электрически соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей непосредственно или ее эквивалентом, например, изолированным от земли водоемом.

Защитное заземление (п. 1.7.28, 1.7.29 ПУЭ) – заземление, т. е. преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, выполняемое в целях электробезопасности.

Уравнивание потенциалов (п. 1.7.32) – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Выравнивание потенциалов (п. 1.7.33) – снижение разности потенциалов (шагового напряжения между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека) на поверхности пола или земли при помощи защитных проводников, проложенных в земле или полу или на их поверхности и присоединенных к заземленному устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

Выравнивание потенциалов осуществляют для электроустановок, использующих при эксплуатации землю в качестве цепи обратного рабочего тока (электрифицированные железные дороги).

9.8. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

В зависимости от значений номинальных напряжений в электрической сети требования к мерам защиты, в том числе заземлению или занулению различны, что отражено в схеме 9.Сх3 и таблице 9.Т1. Следует обратить внимание на то, что в 7 издании ПУЭ требования к электробезопасности электроустановок приведены в соответствии с ГОСТ Р 50571.3-94, который содержит полный аутентичный текст международного стандарта МЭК 364-4-41-92.

В то же время многие действующие электроустановки выполнены на основании требований ПУЭ (6 издание и ранее), в котором нормативы электробезопасности значительно хуже принятых международных норм, что показано в таблице 9.Т2.

Защита от поражения электрическим током электроустановок помимо защитных мер присущих самой сети и источнику питания, изложенных выше, обеспечивается рядом мер защиты, указанных в схеме 9.Сх3.

В схеме приведены ссылки на конкретные пункты ПУЭ (7 издание) и ГОСТ Р 50571.3, которыми определяются требования к мерам защиты.

АСУТП относится к электроустановкам до 1 кВ, в которых должна применяться система питания TN-S или конечная часть (часть TN-S) системы питания TN-C-S. Система TN-S исключит возможность прохождения рабочего тока PEN – проводника через цепи АСУТП (рис. 9.Р3).

В данной главе будут рассмотрены, в основном, требования электробезопасности, которые свойственны электроустановкам до 1кВ, имеющим систему питания TN-S или TN-C-S.

9.9. ЗАЗЕМЛЕНИЕ АСУТП

Заземление или зануление открытых проводящих частей ОПЧ АСУТП необходимо выполнять при номинальных напряжениях выше 25 В переменного тока и выше 60 В постоянного тока.

Заземление или зануление ОПЧ не требуется при номинальных напряжениях ниже указанных, за исключением металлических оболочек и брони кабелей АСУТП (в том числе кабелей питания), проложенных на общих металлических конструкциях (трубах, лотках, коробах и др.) вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению и занулению.

Во взрывоопасных зонах классов 0, 1, 2 необходимо заземлять (занулять) все ОПЧ при любых значениях напряжения переменного и постоянного тока, а также электрооборудование, установленное на заземленных (зануленных) металлических конструкциях, но не внутри заземленных (зануленных) корпусов шкафов, пультов, коробок.

Искробезопасные цепи (в том числе корпуса искробезопасных приборов, аппаратов, экранов кабелей и др.) заземлять не требуется. Необходимость их заземления оговаривается в проекте по данным заводов – изготовителей оборудования.

В АСУТП применяется электрооборудование (нуль-системы), которое использует землю и уравнивающие провода для передачи сигнала и обеспечения электромагнитной совместимости ЭМС, а не для обеспечения электробезопасности – так называемое **рабочее (функциональное) заземление** (п. 1.7.30 ПУЭ).

Заземляющие изолированные проводники нуль-системы, осуществляющие рабочее (функциональное) заземление, объединяются на **опорном узле ОУ** (схема 9.Сх4). Опорный узел изолированным заземляющим проводником соединяется либо со специальным независимым заземлителем нуль-системы, либо с защитным заземлителем на узле заземления УЗ.

Рабочее заземление может быть обеспечено посредством защитного проводника РЕ питающей цепи АСУТП, иногда посредством PEN-проводника.

Независимый заземлитель для АСУТП необходим в том случае, когда заземление основного заземляющего устройства объекта превышает величину 4 Ом.

Узел заземления УЗ соединяется с ближайшей точкой **главной заземляющей шины** объекта (п. 1.7.37) – шины, являющейся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенной для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

К главной заземляющей шине присоединяются заземляющие проводники, защитные проводники, проводники главной системы уравнивания потенциалов, проводники рабочего (функционального) заземления, стальные трубы коммуникаций зданий и между зданиями, металлические части строительных конструкций, система центрального отопления и системы вентиляции и кондиционирования воздуха, кроме того:

- проводящие экраны, металлические оболочки и стальная броня кабелей связи;
- заземляющие проводники устройств защиты от перенапряжений;
- заземляющие проводники антенн радиосвязи;
- заземляющие проводники систем питания постоянного тока оборудования АСУТП;

- проводники системы молниезащиты;
- проводники вспомогательной системы уравнивания потенциалов.

Главная заземляющая шина прокладывается открыто или в кабелепроводе (плинтусе, коробе, лотке и т. п.), обеспечивающем доступность по всей длине. Голые проводники заземляющей шины должны быть изолированы от поддерживающих устройств, а в местах прохода через стены должны быть защищены от коррозии.

Главный заземляющий зажим заземляющей шины присоединяется к заземлителю заземляющим проводником. Площадь поперечного сечения заземляющего проводника должна быть не менее 10 мм² по меди.

Для снижения высокочастотного электромагнитного влияния в заземляющий проводник могут включаться специальные фильтры-пробки. Эти устройства не должны заметно увеличивать сопротивление заземляющего проводника при промышленной частоте.

По ПУЭ (п. 1.7.101) сопротивление заземляющего устройства в различных сетях электрического тока (постоянного, переменного, одно-, трехфазного, напряжением 127, 220, 380, 660 В) может иметь широкий диапазон от 2 Ом до 60 Ом.

Значения сопротивления рабочего (функционального) заземления АСУТП более 4 Ом недопустимы, т. к. увеличивают помехи на измерительные цепи АСУТП (НИПИ «ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ», Рекомендации по защите от помех средств вычислительной техники, включая персональные ЭВМ).

9.10. ОСНОВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Основная изоляция должна полностью покрывать токоведущие части и может быть устранена только разрушением.

Основная изоляция (п. 1.7.07 ПУЭ) должна выдерживать воздействия, возникающие в процессе эксплуатации (механические, электрические, химические и тепловые нагрузки).

9.11. ОГРАЖДЕНИЯ, ОБОЛОЧКИ, БАРЬЕРЫ

В случае, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к ОТЧ или приближения к ним на опасное расстояние должна выполняться посредством оболочек, ограждений, барьеров или размещением открытых частей вне зоны досягаемости.

Зона досягаемости — зона токоведущих частей, доступная непосредственному прикосновению человека, находящегося на рассматриваемой поверхности.

Оболочка — часть электрооборудования, окружающая наружные его части с целью предотвращения доступа к опасным токоведущим частям со всех сторон.

Оболочка электротехнических изделий по ГОСТ 14254-80 имеет степени защиты IP по твердым телам (например, поверхности тела человека, в том числе пальца) и по жидкостям (в том числе вода и дождь).

Степени защиты оболочек рассмотрены в разделе, посвященном выбору оборудования АСУТП.

Ограждение — часть электроустановки, которая обеспечивает защиту от прямого контакта со стороны обслуживания.

Барьер — часть электроустановки, предотвращающая непреднамеренный прямой контакт, но не могущая предотвратить прямой контакт при преднамеренном действии.

Для удаления барьеров не требуется ключа или инструмента, однако они должны быть закреплены так, чтобы их нельзя было снять непреднамеренно. Барьеры должны быть из изолирующего материала.

Последние четыре определения терминов взяты из монографии Р. Н. Карякина «Нормы устройства электроустановок строительных площадок».

Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ должны иметь степень защиты не менее IP2X, за исключением случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы электрооборудования.

Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную механическую прочность.

Вход за ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента, либо после снятия напряжения с токоведущих частей.

9.12. РАЗМЕЩЕНИЕ ВНЕ ЗОНЫ ДОСЯГАЕМОСТИ

Размещение вне зоны досягаемости для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям в электроустановках до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ может быть применено при невозможности использовать оболочки, ограждения, барьеры или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременно прикосновению проводящими частями в электроустановках напряжением до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременно прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находятся люди.

Указанные размеры даны без учета применения вспомогательных средств (например, инструмента, лестниц, длинных предметов).

Установка барьеров и размещение вне зоны досягаемости допускаются только в помещениях, доступных квалифицированному персоналу.

9.13. СВЕРХНИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ СНН

Сверхнизкое (малое) напряжение СНН используется в электроустановках до 1 кВ для защиты от поражения электрическим током при прямом и/или косвенном прикосновениях в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания.

По п. 1.7.43 ПУЭ (7 издание). «Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) – напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока».

Ограничение напряжения питания достигается применением безопасного разделительного трансформатора по ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы» или другого источника сверхнизкого напряжения, обеспечивающего равноценную степень безопасности (п. 1.7.73 ПУЭ).

Различают три системы защиты СНН:

- система БСНН (SELV system) – система безопасного сверхнизкого напряжения;
- система ЗСНН (PELV system) – система с заземленной цепью системы БСНН;
- система ФСНН (FELV system) – система функционального сверхнизкого напряжения.

Система БСНН – защитная мера, которая предусматривает следующее.

Основную защиту осуществляют путем ограничения напряжения в цепи системы БСНН до сверхнизкого значения, отделения цепей системы БСНН от всех других цепей.

Дополнительная защита состоит в том, что отделение цепей системы БСНН от других цепей является защитным разделением; цепи системы БСНН отделены от земли.

Преднамеренное присоединение открытых проводящих частей к защитному проводнику не допускается.

Система ЗСНН – защитная мера, которая предусматривает следующее.

Основную защиту осуществляют путем ограничения напряжения в заземленной цепи системы ЗСНН до сверхнизкого значения, отделением цепи системы ЗСНН от всех других цепей.

Дополнительная защита состоит в том, что разделение цепи системы от других цепей является защитным разделением.

Допускается присоединение открытых проводящих частей электрооборудования (кроме электрооборудования класса III) к защитному или заземляющему проводнику, если это предусматривается соответствующим стандартом на изделие.

Система ФСНН – защитная мера, применяемая в случаях, когда по условиям эксплуатации (функционирования) для питания электроустановки используют напряжение, не превышающее 50 В переменного тока (действующее значение) или 120 В постоянного (выпрямленного) тока, и нет необходимости или возможности применения систем БСНН и ЗСНН, и состоящая в следующем.

Защиту от непосредственного (прямого) прикосновения осуществляют при помощи ограждений или оболочек применением усиленной изоляции (при необходимости).

Защиту от косвенного прикосновения осуществляют соединением открытых проводящих частей оборудования в цепи ФСНН с защитным проводником первичной цепи при условии, что первичная цепь защищена при помощи автоматического отключения питания, соединением открытых проводящих частей оборудования в цепи ФСНН с незаземленной системой уравнивания потенциалов первичной цепи, для которой защиту осуществляют электрическим разделением.

9.14. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ УЗО

В системах питания IT, TT, TN-C-S, TN-S до 1 кВ в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током при непреднамеренном или случайном прикосновении при нормальной эксплуатации электроустановки и при недостаточности/отказе других мер защиты должны применяться устройства защитного отключения с дифференциальным током не более 30 мА (УЗО-Д).

Устройства защитного отключения могут применяться только в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме.

В системах TN-S и TN-C-S устройство защитного отключения с номинальным током срабатывания, не превышающим 30 мА, может быть применено в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении.

В соответствии с п. 1.7.80 не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный (разностный) ток, в четырехпроводных трехфазных цепях – системе TN-C.

Устройство защитного отключения является электромеханическим устройством, которое срабатывает при возникновении утечки электротока на землю, превышающего заданный порог чувствительности устройства к отклонению от нуля векторной суммы линейных токов питающей цепи.

Человек, который случайно дотрагивается до токоведущей части электроустановки, является препятствием для прохождения тока к земле, т. к. обладает определенным электросопротивлением своего тела. В то же время УЗО должно сработать раньше появления у человека патофизиологического эффекта при превышении величины напряжения безопасности, вызываемого прохождением тока до 30 мА через тело человека.

9.15. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ

Автоматическое отключение питания производится автоматическим защитным устройством в случае повреждения изоляции электроцепи.

При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках до 1 кВ (п. 1.7.78 ПУЭ) все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система TN, и заземлены, если применены системы IT или TT. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

9.16. УРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

Уравнивание потенциалов имеет две составляющих:

- основную систему уравнивания потенциалов;
- систему дополнительного уравнивания.

Основная система уравнивания напрямую связана с рассмотренными ранее системами заземления, зануления TN, IT, TT. В эти системы заземления, зануления включают защитные проводники, связывающие металлические проводящие части объекта управления (рис. 9.P4).

Основная система уравнивания потенциалов (по п. 1.7.82 ПУЭ) в электроустановках до 1 кВ соединяет между собой следующие проводящие части:

- нулевой защитный PE или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т. п.

Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть

трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;

- металлические части каркаса здания;
- металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды присоединяются к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров;

- заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категории;
- заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется, и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;

- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей и проводок АСУТП.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

В основной системе уравнивания потенциалов все указанные части присоединяются к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов (п.1.7.83 ПУЭ) соединяет между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов используются специально предусмотренные проводники либо открытые проводящие части, если они удовлетворяют требованиям к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

9.17. ДВОЙНАЯ, ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ И УСИЛЕННАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Защита при помощи двойной или усиленной изоляции (п. 1.7.84 ПУЭ (7 издание)) обеспечивается применением:

- оборудования, выдержавшего контрольные испытания согласно соответствующим стандартам и обозначаемого знаком :

- 1) электрическое оборудование с двойной или усиленной изоляцией (оборудование класса II по ГОСТ 12.2.007.0-75*);

- 2) блоки электрооборудования заводского изготовления со сплошной изоляцией; – дополнительной изоляции, наносимой при монтаже на электрооборудование, имеющее только основную изоляцию: дополнительная изоляция должна обеспечивать безопасность, равноценную безопасности для оборудования класса II. Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

Знак  наносится на видном месте наружной и внутренней сторон кожуха (корпуса);

— усиленной изоляции, накладываемой на неизолированные токоведущие части во время монтажа электроустановки. Усиленная изоляция должна обеспечивать уровень безопасности, равноценный уровню безопасности класса II. Такая изоляция применяется только там, где конструкция оборудования не позволяет применять двойную изоляцию.

9.18. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ЦЕПЕЙ

В АСУТП часто используется электрическое разделение цепей с целью исключения электрического влияния на измерительные и телекоммуникационные каналы. Одновременно **электрическое разделение цепей** выполняет функцию защиты от поражения электрическим током (п. 1.7.85 ПУЭ).

Электрическое разделение цепей предназначено для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям одной цепи в случае возникновения короткого замыкания в другой цепи (п. 413.5 ГОСТ Р 50571.3-94).

Защита посредством электрического разделения цепей обеспечивается соблюдением следующих требований.

Цепь должна питаться от отдельного источника питания:

- безопасного разделяющего трансформатора или;
- источника тока, обеспечивающего степень безопасности, равноценную степени, обеспечиваемой безопасным разделяющим трансформатором.

Если источник питает несколько электроприемников, их открытые проводящие части не должны иметь электрической связи с металлической оболочкой источника питания.

Токоведущие части электрически отделенной цепи не должны иметь точек присоединения к другой цепи или к земле.

Гибкие кабели и шнуры должны быть доступны для осмотра по всей длине, где возможны механические повреждения.

Для разделенных цепей рекомендуется использование отдельных трасс электропроводок. Если это невозможно, необходимо использовать в общей электропроводке для разделенных сетей кабели без металлических покровов, изолированные проводники, проложенные в изоляционных трубах, коробах или каналах, при условии, что эти кабели и проводники рассчитаны на самое высокое напряжение, присутствующее в сети, и каждая цепь защищена от сверхтоков.

Если отдельная цепь питает только один электроприемник, открытые проводящие части цепи не должны быть присоединены ни к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других.

Если приняты меры для защиты отдельной цепи от повреждения и пробоя изоляции, то источник питания может питать несколько электроприемников при условии выполнения следующих требований:

- открытые проводящие части отделенной цепи должны быть соединены между собой изолированным незаземленным проводником системы уравнивания потенциалов. Такие проводники не должны быть соединены ни с защитными проводниками, ни с открытыми проводящими частями других цепей, ни со сторонними проводящими частями;

- все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, который должен быть присоединен к системе уравнивания потенциалов;
- все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника уравнивания потенциалов;
- при двойном замыкании разных фаз на две открытые проводящие части устройство защиты должно обеспечивать отключение питания за время отключения.

9.19. ИЗОЛИРУЮЩИЕ (НЕПРОВОДЯЩИЕ) ПОМЕЩЕНИЯ, ЗОНЫ И ПЛОЩАДКИ

Такие помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ, когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно, либо нецелесообразно (п. 1.7.86 ПУЭ).

Сопrotивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее:

- 50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегомметром на напряжении 500 В;
- 100 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В, измеренное мегомметром на напряжении 1000 В.

Если сопротивление в какой-либо точке меньше указанных, такие помещения, зоны, площадки не должны рассматриваться в качестве меры защиты от поражения электрическим током.

Для изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок допускается использование электрооборудования класса 0 при соблюдении, по крайней мере, одного из трех следующих условий:

- 1) открытые проводящие части удалены одна от другой и от сторонних проводящих частей не менее чем на 2 м. Допускается уменьшение этого расстояния вне зоны досягаемости до 1,25 м;
- 2) открытые проводящие части отделены от сторонних проводящих частей барьерами из изоляционного материала. При этом расстояние, не менее указанного в п. 1, должно быть обеспечено с одной стороны барьера;
- 3) сторонние проводящие части покрыты изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение не менее 2 кВ в течение одной минуты.

В изолирующих помещениях (зонах) не должен предусматриваться защитный проводник.

Должны быть предусмотрены меры против заноса потенциала на сторонние проводящие части помещения извне.

Пол и стены таких помещений не должны подвергаться воздействию влаги.

При выполнении мер защиты в электроустановках напряжением до 1 кВ классы применяемого электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током ГОСТ 12.2.007.0-75* «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» следует принимать в соответствии с таблицей 9.ТЗ.

9.20. ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

При эксплуатации АСУТП следует обеспечить защиту людей, оборудования и окружающей среды от опасных тепловых воздействий, в т. ч. тепловых излучений по ГОСТ Р 50571.4-94.

Тепловые воздействия могут вызвать последствия:

- горение или разрушение материалов;
- получение ожогов;
- угрозу безопасной работе электрооборудования;
- возникновение пожара.

Защита от пожара обеспечивается в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 и требованиями соответствующих стандартов, установленных для электрооборудования АСУТП. При проектировании АСУТП необходимо учитывать требования ГОСТ 50571.4-94, в частности пп. 422.2, 422.3, 423:

«422.2. Если наружная температура электрооборудования может достигать значений, приводящих к возгоранию расположенных на нем или вблизи него материалов, то электрооборудование следует:

- либо устанавливать на подставках (прокладках) из материалов, выдерживающих такую температуру и имеющих низкую теплопроводность;
- либо заключать его в оболочки из материалов, имеющих низкую теплопроводность;
- либо отделять от элементов конструкций зданий материалами, имеющими низкую теплопроводность и выдерживающими такую температуру;
- либо устанавливать на достаточном расстоянии от любого материала, на который такая температура может оказать разрушающее тепловое воздействие, обеспечивая надежное рассеяние тепла и используя опорные конструкции с низкой теплопроводностью.

422.3. Если стационарное оборудование и материалы могут подвергаться воздействию от искрения или образования электрической дуги при работе электрооборудования, то такое электрооборудование следует:

- либо полностью защищать материалами, стойкими к образованию электрической дуги;
- либо ограждать специальными дугостойкими экранами от элементов конструкций зданий, на которые электрическая дуга может оказать разрушающее воздействие;
- либо устанавливать на достаточном расстоянии от элементов конструкций зданий, на которые электрическая дуга могла бы оказать вредное воздействие, обеспечивающем надежное гашение дуги.

Материалы, стойкие к воздействию электрической дуги, используемые в качестве защитных средств, должны быть негоряемыми, иметь низкую теплопроводность и достаточную толщину для обеспечения механической стойкости».

«423. Доступные для прикосновения части электрооборудования не должны достигать температур, способных вызывать ожоги, и их значения не должны превышать указанных в таблице 42А» (в данной главе – таблица 9.Т4).

«Все части электроустановок, которые могут достигать при нормальном режиме работы электрооборудования даже в течение короткого промежутка времени темпе-

ратур, превышающих значения, указанные в таблице, должны быть защищены так, чтобы исключить случайный контакт с ними».

Значения температур, приведенные в таблице, не распространяются на электрооборудование, если в стандартах на это оборудование установлены, с точки зрения защиты от ожогов, другие максимальные значения.

9.21. ЗАЩИТА В ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

Опасными факторами возникновения пожара, особенно в пожароопасных зонах, являются искры и пламя, повышенная температура поверхностей. Дополнительно к требованиям, изложенным в 9.20 (пп. 422, 423 ГОСТ50571.4-94) необходимо учитывать требования ПУЭ (6 издание) п. 7.4.2. **Пожароопасная зона** — пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут периодически находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Пожароопасные зоны разделяются на 4 класса (по ПУЭ):

«7.4.3. Зоны класса П-I — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.

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.

7.4.5. Зоны класса П-IIa — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

7.4.6. Зоны класса П-III — расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества».

Зоны в помещениях и в наружных установках, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их оборудования к пожароопасным.

Определение границ и класса пожароопасных зон согласно п. 7.4.9. ПУЭ должно проводиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

Защита пожароопасных зон от статического электричества и опасных воздействий молнии изложена в главе 8.

Оборудование автоматизации и АСУТП, расположенное в пожароопасных зонах, должно удовлетворять требованиям пп. 7.4.20÷7.4.23 ПУЭ.

«7.4.20. В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-80 не менее указанной в таблице 7.4.2 (в «Пособии» таблица 9. Т5).

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

7.4.21. Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в таблице (в том числе исполнение IP00), при

условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в таблице для данной пожароопасной зоны.

7.4.22. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением.

7.4.23. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты и приборы в маслonaполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение этих аппаратов и приборов запрещается)».

9.22. ЗАЩИТА ОТ СВЕРХТОКА

«Сверхток (п. 3.17 ГОСТ Р 50571.1-93) — ток, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока электроустановки.

Ток перегрузки (п. 3.18 ГОСТ Р 50571.1-93) — сверхток в электрической цепи электроустановки при отсутствии электрических повреждений».

Ток короткого замыкания (п. 3.19) — термин приведен в разделе 9.5.

Явление сверхтока опасно для проводников электроустановки, находящихся под напряжением. Каждая перегрузка обуславливает старение изоляции, (изоляция становится хрупкой, механически менее прочной), поэтому перегрузки должны оставаться исключениями.

Эти проводники следует защищать устройствами автоматического отключения питающего напряжения в случае перегрузки или короткого замыкания. Исключением является источник питания, внутреннее сопротивление которого таково, что его максимальный ток не может быть выше допустимого тока проводников (трансформатор звонка, термопреобразователи и др.)

Необходимо иметь в виду, что **защита проводников обязательно гарантирует защиту оборудования, присоединенного в виде потребителя к проводникам.**

Различают три типа устройств защиты от сверхтока (п. 432.1, 432.2, 432.3 ГОСТ Р 50571.5-04) — таблица 9.Т6.

Устройства защиты должны отключать любой ток перегрузки (п. 433.1 ГОСТ) или ток короткого замыкания (п. 434.1 ГОСТ), протекающий по проводникам раньше, чем такой ток мог бы вызвать повышение температуры проводников, опасное для изоляции, соединений, зажимов или среды, окружающей проводники.

В связи с этим устройства защиты от сверхтока характеризуются ожидаемым током отключения и временем отключения тока в любой точке цепи.

Устройства защиты следует устанавливать в местах (п. 473.1.1.1 ГОСТ) электрической сети, где изменение поперечного сечения, материала и конструкции проводников или способа их прокладки вызывает уменьшение значений длительно допустимых токов проводников.

Допускается устанавливать аппараты защиты за точкой снижения сечения проводников на участках длиной: 6 м и 30 м в труднодоступных местах (по п. 3.1.16 ПУЭ) или 3 м (пп. 473.1.1.2 и 473.2.2.1 ГОСТ). Следует руководствоваться при создании АСУТП требованиями ГОСТ Р 50571.9-94, при этом необходимо, чтобы электропроводка не проходила вблизи горючих материалов и риск возникновения короткого замыкания на этом участке (до 3 м) отсутствует.

Допускается не устанавливать устройства защиты (п. 473.1.2 ГОСТ):

— на участках, где изменяются сечение или материал проводников и способ прокладки, если этот участок эффективно защищен от перегрузок устройством защиты, установленным перед этим участком;

— на участках электропроводки, по которым не может протекать ток перегрузки;

— в сетях устройств телекоммуникации, управления, сигнализации и им подобных.

Требования не распространяются на электроустановки во взрыво- и пожароопасных помещениях и в случаях, когда из соображений безопасности к некоторым помещениям установлены иные требования.

Рекомендуется не устанавливать устройства защиты в цепях подвода питания к электрооборудованию, отключение которых может привести к возникновению угрозы безопасности, например цепи возбуждения электрических машин, цепи питания грузоподъемных электромагнитов, вторичные цепи трансформаторного тока.

В таких случаях рекомендуют предусматривать устройства аварийной сигнализации при перегрузках.

По п. 3.1.19 ПУЭ аппараты защиты допускается не устанавливать, если это целесообразно из условий эксплуатации:

— в местах отвлечения от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, когда эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита;

— если эти проводники выходят за их пределы, но электропроводка выполнена в трубах или имеет некоторую оболочку.

Не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанции и т. п.). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводниками в трубах или иметь негорючую оболочку и сечение проводников соответствующей механической прочности и присоединения (пайка, виigt и т. п.).

9.23. ЗАЩИТА ОТ ПОНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Требования по защите от понижения напряжения в электрических цепях изложены в ГОСТ Р 50571.6-94. Эти требования согласуются с требованиями действующих ПУЭ (например, пп. 3.3.30, 5.3.32, 5.3.58). Ниже приводятся извлечения из упомянутого ГОСТ Р.

«451.1. В случаях, если понижение или исчезновение напряжения с последующим его восстановлением может создать опасность для людей или имущества, должны быть приняты необходимые меры предосторожности.

Меры предосторожности должны быть приняты также в случаях, когда части оборудования или какая-либо установка могут быть повреждены вследствие понижения напряжения.

Применение защитного устройства от понижения напряжения не требуется, если не будет нанесен ущерб оборудованию или установке и не возникнет опасность для людей.

4.5.2. Срабатывание защитного устройства от понижения напряжения может осуществляться с выдержкой времени, если защищаемое оборудование или установка рассчитаны на кратковременное понижение или исчезновение напряжения, не представляющее опасности при эксплуатации.

451.3. При использовании контакторов выдержка времени при размыкании и последующем замыкании контактов не должна препятствовать мгновенному отключению оборудования или установки устройствами защиты или управления.

4.5.4. Характеристики защитного устройства от понижения напряжения должны соответствовать требованиям стандартов на оборудование, касающихся пуска и эксплуатации оборудования.

4.5.5. В случаях, когда повторное включение защитного устройства может создать опасную ситуацию, оно не должно быть автоматическим».

9.24. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Все применяемое в электроустановках объекта электрооборудование должно отвечать требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) – ГОСТ Р 50571.20-2000.

Устойчивость к электромагнитному влиянию – это способность электрического прибора корректно работать в электромагнитном поле других приборов, не нарушая в свою очередь корректность работы близлежащих приборов.

Высокая плотность размещения электроприборов и постоянно увеличивающаяся скорость обработки сигналов в системах измерительных, управляющих, системах обработки и передачи данных часто приводят к ошибкам в работе из-за воздействия друг на друга электромагнитных полей.

Электромагнитное влияние это воздействие электромагнитными величинами на электрические цепи, приборы, системы или живые организмы.

Источник помех – прибор, создающий электромагнитное влияние.

Объект влияния – электрическое оборудование, корректность работы которого может быть нарушена помехами.

Источники делятся на:

- внутренние источники помех:
 - искусственные, т. е. вызванные техническими причинами;
- внешние источники помех:
 - природные, например молния, электрические разряды;
 - искусственные, т. е. вызванные техническими причинами.

В помехах, вызванных технически, следует также различать помехи, произошедшие вследствие полезного использования электромагнитных величин, например передатчик, радар и т. д. и помехи, вызванные нежелательно или в случае ошибок, например разрядка на контактах, сильные воздействия магнитным полем и т. д.

Помехами могут являться напряжения, токи, электрические, магнитные и электромагнитные поля, которые возникают постоянно, периодически или случайно.

В цепях низкого напряжения кратковременно вызывать помехи могут включение и выключение индуктивных нагрузок, например электроинструментов, бытовых приборов, люминесцентных ламп.

Сильные низкочастотные токи порождают низкочастотные магнитные поля, которые могут индуцировать помехи или помехи, возникающие из-за прямого магнит-

ного влияния (магнитная память в компьютерах, мониторы, чувствительные измерительные приборы). Сильные низкочастотные электрические поля могут быть вызваны низкочастотным высоким напряжением (неэкранированные провода высокого напряжения), что приводит в свою очередь к помехам (емкостная взаимосвязь).

Практическое значение имеют магнитные поля, влияние которых может быть уменьшено за счет:

- экранированной проводки;
- экранирование корпуса (решающим является магнитная проницаемость металлов).

Цепи тока образуют электромагнитные волны, создающие помехи, которые нужно учитывать в зависимости от расстояния до места возникновения (приближенные или удаленные).

При приближенных источниках обычно преобладает одна из составляющих электромагнитного поля: либо (Е) электрическая, либо (Н) магнитная. Это зависит от того имеет ли источник помех высокое напряжение и малую силу тока или низкое напряжение и большую силу тока. При удаленных источниках составляющие Е и Н не рассматриваются отдельно.

Влияние можно уменьшить за счет использования:

- экранированной проводки;
- экранированных корпусов.

Уровни защищенности электрооборудования должны быть выбраны с учетом взаимных электромагнитных влияний при нормальном режиме работы электроустановки.

Электрооборудование должно быть выбрано с возможно более низким уровнем электромагнитного влияния, чтобы оно не могло оказывать вредного воздействия на другое оборудование внутри или снаружи здания с учетом перечисленных мер защиты.

Снижение электромагнитных влияний:

- выбор надлежащих мест взаимного расположения электрооборудования, создающего электромагнитное влияние, и оборудования, чувствительного к этому влиянию;
- применение фильтров и устройств защиты от перенапряжений в цепях, питающих чувствительное к электромагнитному влиянию электрооборудование;
- выбор защитных устройств с выдержкой времени для исключения нежелательных отключений в период переходных процессов;
- использование металлических экранов и оболочек (в том числе шкафов);
- надлежащее отделение (расстоянием или металлическими экранами) силовых и сигнальных кабелей от силовых;
- надлежащее отделение (расстоянием или металлическими экранами) силовых и сигнальных кабелей от молниеотводов;
- исключение индуктивных петель посредством разделения кабелепроводов силовых и сигнальных кабелей;
- использование экранированных кабелей и сигнальных кабелей со скрученными парами жил;
- в зданиях, насыщенных оборудованием АСУ и СА, переход от системы TN-C к системе TN-C-S или к системе TN-S.
- все металлические подземные коммуникации (металлические трубопроводы и кабели с металлическими защитными покровами) должны входить в здание в одном

месте. При этом металлические оболочки, экраны и броня кабелей, металлические трубопроводы должны быть электрически соединены между собой и присоединены к главной шине заземления (ГСШ) здания.

В наружных установках для обеспечения электромагнитной совместимости кабелей АСУТП и электроустановок применяются следующие меры:

- использование оптоволоконных систем для кабелей АСУТП;
- использование разделяющих трансформаторов для питания оборудования АСУТП;
- отделение трасс кабелей АСУТП от трасс силовых кабелей;
- использование оборудования класса II.

9.25. ЗАЩИТА ОТ ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В «общих указаниях по устройству электроустановок» (п.1.1.32 ПУЭ, издание 7) изложено требование для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и посторонних лиц с помощью следующих мероприятий:

- ...«— применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы».

Основным способом уменьшения электромагнитных полей на объекте является **экранирование** объекта в целом от внешних источников помех или экранирование на объекте локального источника помех.

Экранирование объекта рассмотрено в главе 7 «Производственная среда и условия труда персонала» (раздел 7.4.8).

Там же приведены определения зон защиты от внешних перенапряжений, вызванных грозовыми явлениями.

Уменьшение влияния импульсных перенапряжений достигается реализацией **зоновой концепции защиты**.

Зоновая концепция защиты предусматривает трехступенчатую схему включения устройств защиты от импульсных перенапряжений УЗИП на линиях питающей сети.

УЗИП, в зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи, делятся на классы I, II, и III (для сведения В, С, D в стандарте DIN VDE 0675-6, Германия).

Требования к **УЗИП разных классов** приведены в таблице 9.Т7.

Выбор УЗИП того или иного класса производится исходя из риска ПУМ или электромагнитного влияния разряда молнии. При выборе следует учитывать:

- интенсивность ударов молнии в месте расположения объекта (таблица 7.Т10);
- уязвимость электроустановки;
- стоимость оборудования, подключаемого к защищаемой электроустановке.

ГОСТ Р 51992-2002 определяет **устройство защиты от импульсных перенапряжений УЗИП** как устройство, которое предназначено для ограничения переходных перенапряжений и для отвода импульсов тока. Это устройство содержит, по крайней мере один нелинейный элемент. Таким элементом, как правило, является разрядник различного типа или оксидно-цинковый варистор.

УЗИП класса I, стойкое к высоким амплитудам грозовых токов, содержит разрядники искрового типа, которые имеют импульсивный ток $i_{\text{имп}} = 50\text{--}100$ кА при формате 10/350 мкс (формат импульсного тока таков, когда 10 — время достижения 90% максимального значения, 350 — время спада импульса до 50% максимальной амплитуды, т. е. 10/350 соответствует t_{90}/t_{50}).

УЗИП класса I, обеспечивающее качественную защиту в большинстве случаев ввода питающей сети на объект, содержит варисторы, которые имеют $i_{\text{имп}} = 20$ кА при формате 10/350 мкс.

УЗИП класса I устанавливается на границе зоны 0 или зоны 0_E и зоны 1.

УЗИП класса II устанавливается во вторичном распределительном шкафу на границе зон 1 и 2, возможна их установка в зоне 1 рядом с УЗИП класса I.

УЗИП класса II содержит варисторы с $i_{\text{имп}} = 15$ кА при 8/20 мкс.

УЗИП класса III устанавливаются либо в распределительном шкафу, либо непосредственно у потребителя в зоне защиты 3 с тем, чтобы расстояние от УЗИП до потребителя было не более 10–15 метров для гарантированного устранения возможных наводок на кабель.

УЗИП класса III выполнен на варисторах с $i_{\text{имп}} = 5\text{--}7,5$ кА при 8/20 мкс.

УЗИП различных классов характеризуется уровнем защиты U_p , т. е. максимальным значением падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока.

УЗИП каждого класса обеспечивает выполнение требований по импульсной стойкости изоляции проводов и кабелей, при этом на выходе УЗИП появляется перенапряжение.

УЗИП I класса на выходе имеет $U_p = 4$ кВ и менее, УЗИП класса II — $U_p = 1,3\text{--}2,5$ кВ, а УЗИП класса III снижает U_p до 0,8 — 1,5 кВ.

Приведенные значения U_p принимаются во внимание при выборе электрооборудования, проводов и кабелей на участках, которые защищаются от перенапряжения.

U_p не должно превышать напряжения, которое выдерживает электрооборудование, включенное в линию после устройства защиты. Категорийность электрооборудования по стойкости к перенапряжениям приведена в таблице 9. Т8. Категория электрооборудования по перенапряжениям должна быть согласована с классом УЗИП, что отражено на рис. 9.Р5.

Основные принципы применения УЗИП в отечественной нормативной базе рассмотрены в ГОСТ Р 50571.26-2002 (МЭК 60364-5-534-97) «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений».

Существуют две основных схемы включения УЗИП в электропитающую линию (рис. 9.Р5).

Схема А предназначена в первую очередь для защиты от симметричных (продольных) перенапряжений (провод-земля), схема Б соответственно от несимметричных (поперечных) перенапряжений (провод-провод). Более высокую опасность имеет несимметричное перенапряжение (на клеммах электроприемников L/N) по сравнению с симметричным перенапряжением (на клеммах электроприемников L/PE и N/PE). При проектировании различных ступеней защиты возможно комбинирование этих схем.

В схеме А включения УЗИП для наиболее часто применяемых сетей типа TN-C-S ограничители классов I и II включаются между токоведущими проводниками (L1,

L2, L3, N) и нулевым защитным проводником (РЕ) для ограничения симметричных перенапряжений (провод-земля). УЗИП класса III могут включаться или по той же схеме, что и УЗИП классов I и II, или по схеме Б для ограничения несимметричных перенапряжений (провод-провод). Возможно также применение УЗИП в соответствии со схемой Б.

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

ГОСТ 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.2.007-76	Вредные вещества.
ГОСТ 12.2.007.0-75* (Р МЭК 536)	Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
ГОСТ 14254-80	Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты.
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 30030-93	Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы. Технические требования.
ГОСТ Р 50571.1-93	Электроустановки зданий. Основные положения.
ГОСТ Р 50571.2-94	Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики.
ГОСТ Р 50571.3-94	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
ГОСТ Р 50571.4-94	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий.
ГОСТ Р 50571.5-94	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока.
ГОСТ Р 50571.6-94	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от понижения напряжения.
ГОСТ Р 50571.20-2000	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.
ГОСТ Р 50571.26-2002	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений.
ГОСТ Р 51992-2002	Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 11.

	Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.
МЭК 364(-1-72)	Электроустановки зданий. Основные положения.
ПУЭ (6, 7 издания)	Правила устройства электроустановок.
НИПИ	«ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ». Рекомендации по защите от помех средств вычислительной техники, включая персональные ЭВМ.

9.27. ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ГЛАВЕ

Р. Н. Карякин. Монография «Нормы устройства электроустановок строительных площадок».

9.28. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Барьер	9.11
Выравнивание и уравнивание потенциалов	9.7
Заземлитель	9.7
Заземление	
защитное	9.7
рабочее (функциональное)	9.9
Зона	
досягаемости	9.11
пожароопасная	9.21
Источник помех	9.24
Зоновая концепция защиты	9.25
Категория перенапряжений	9.25
Нейтраль глухозаземленная	9.7
Оболочка	9.11
Объект влияния	9.24
Ограждение	9.11
Опорный узел ОУ	9.9
Прикосновение	
косвенное	9.5
прямое	9.5
Проводник	
заземляющий	9.7
защитный РЕ	9.2
нулевой защитный РЕ	9.2
нулевой рабочий N	9.2
совмещенный нулевой рабочий защитный PEN	9.2
Сверхток	9.5

Система:	9.5
Заземления и зануления	
IT	9.7
TN	9.7
TN-C	9.7
TN-C-S	9.7
TN-S	9.7
TT	9.7
Низкого напряжения	
БСНН	9.13
ЗСНН	9.13
ФСНН	9.13
Основная и дополнительная система уравнивания потенциалов	9.16
Снижение электромагнитных влияний	9.24
Ток:	
допустимый длительный	9.5
короткого замыкания	9.5
перегрузки	9.22
сверхток	9.5
Схема включения УЗИП	9.25
УЗИП разных классов	9.25
Устройство защиты от импульсных перенапряжений УЗИП	9.25
Часть электроустановки	
опасная токоведущая часть ОТЧ	9.1
открытая проводящая ОПЧ	9.1
сторонняя проводящая СПЧ	9.1
Шина главная заземляющая	9.9
Экранирование	9.25
Электрическое разделение цепей	9.18
Электромагнитное влияние	9.24
Электрооборудование	9.1
Электропомещения:	9.1
без повышенной опасности	9.3
в которых имеется возможность одновременного прикосновения	9.3
жаркие	9.3
особо опасные	9.3
особо сырые	9.3
пыльные с токопроводящей пылью	9.3
с повышенной опасностью	9.3
с токопроводящими полами	9.3
с химически активной или органической средой	9.3
сырые	9.3
Электроустановка:	9.1
вновь сооружаемая и реконструируемая	9.8
закрытая или внутренняя	9.1
открытая или наружная	9.1

Рисунок 9.Р1

Характеристика опасности поражения человека электрическим током

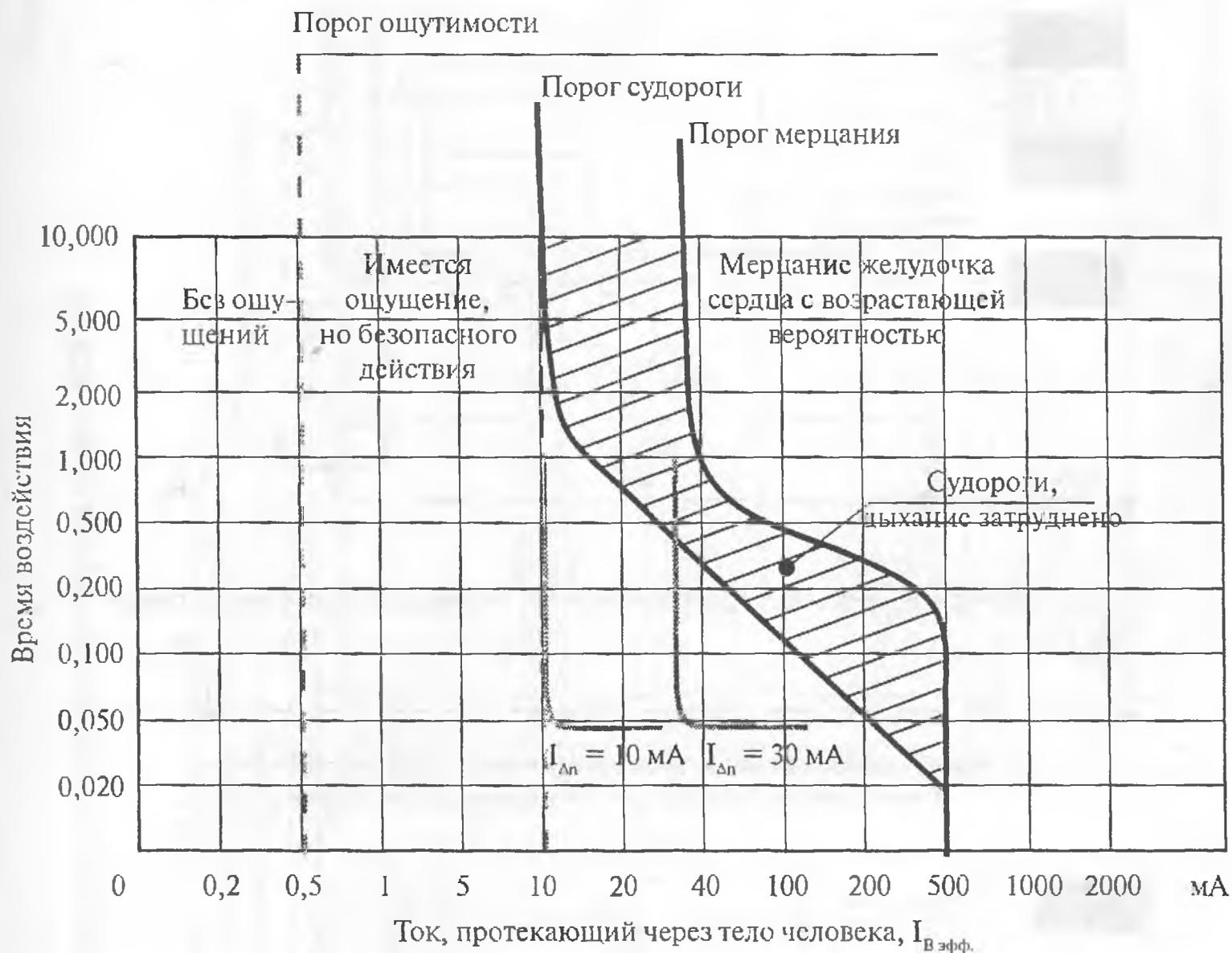
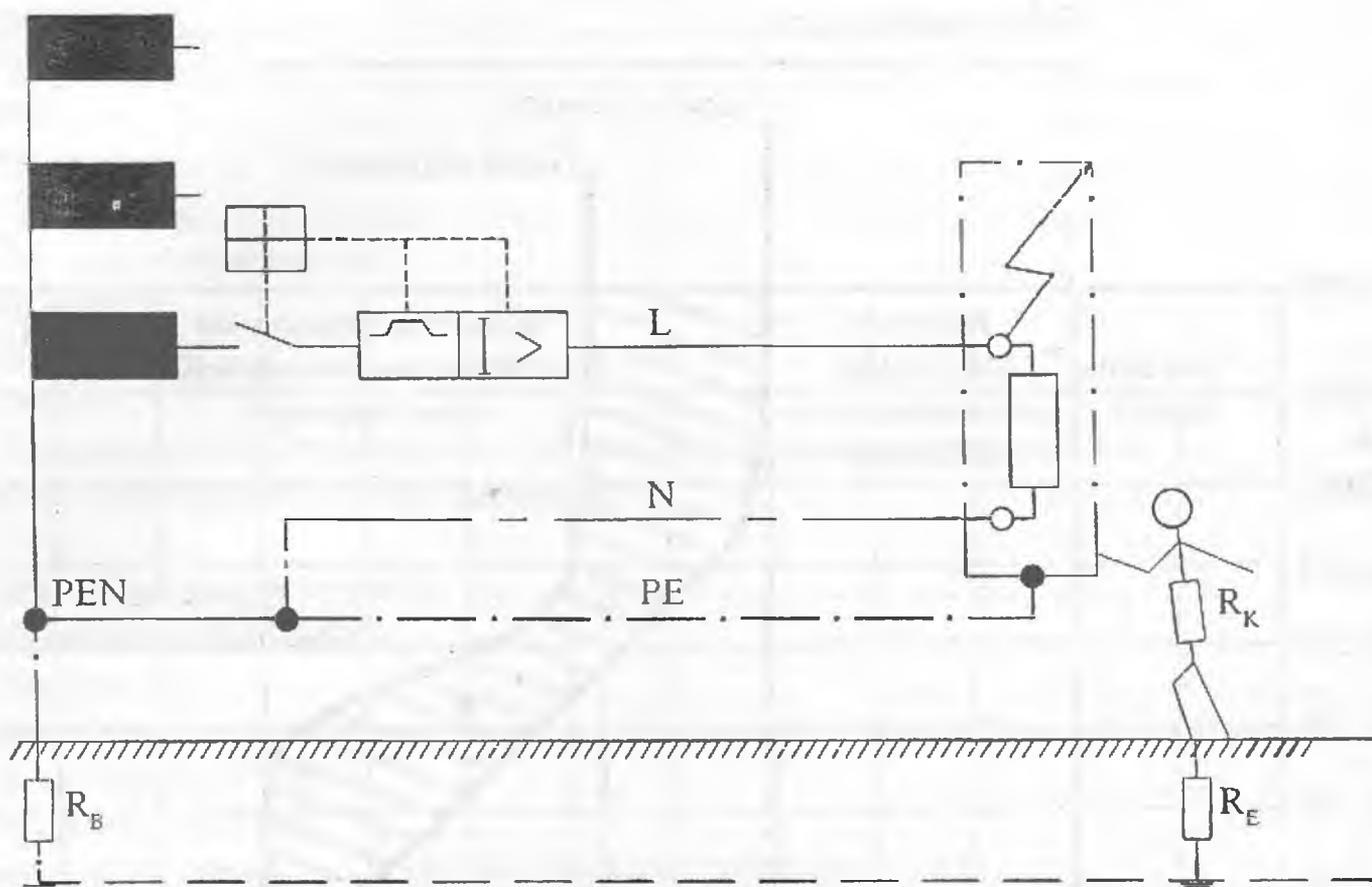
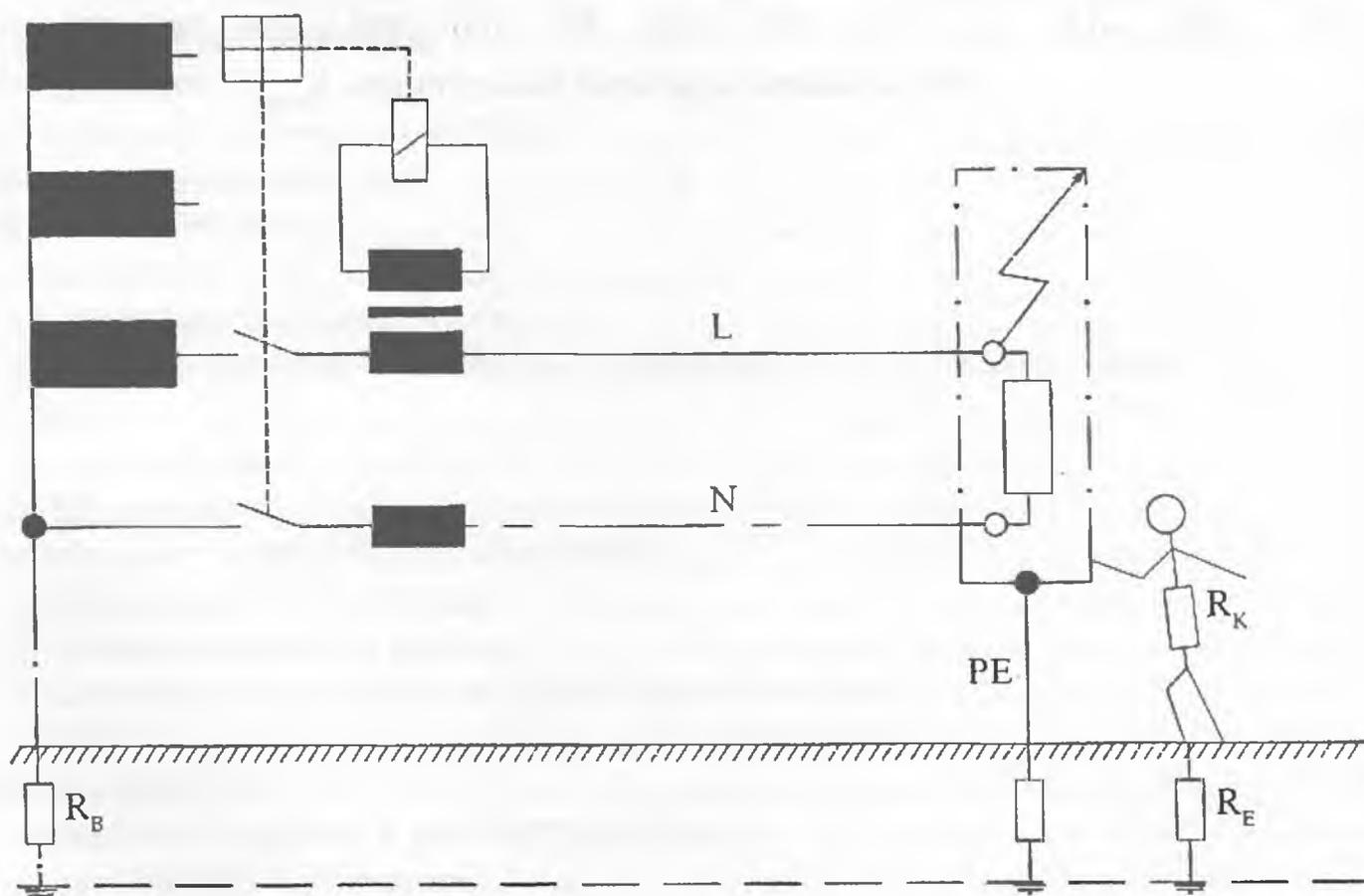


Рисунок 9.P2

Защита при косвенном прикосновении (защита от повреждений)



1) Защита при косвенном прикосновении в сети типа «TN-C-S»
Отключение посредством установочного автомата



2) Защита при косвенном прикосновении
Отключение посредством предохранительного выключателя для защиты от тока утечки

Пример выполнения защитного заземления в электроустановке АСУТП

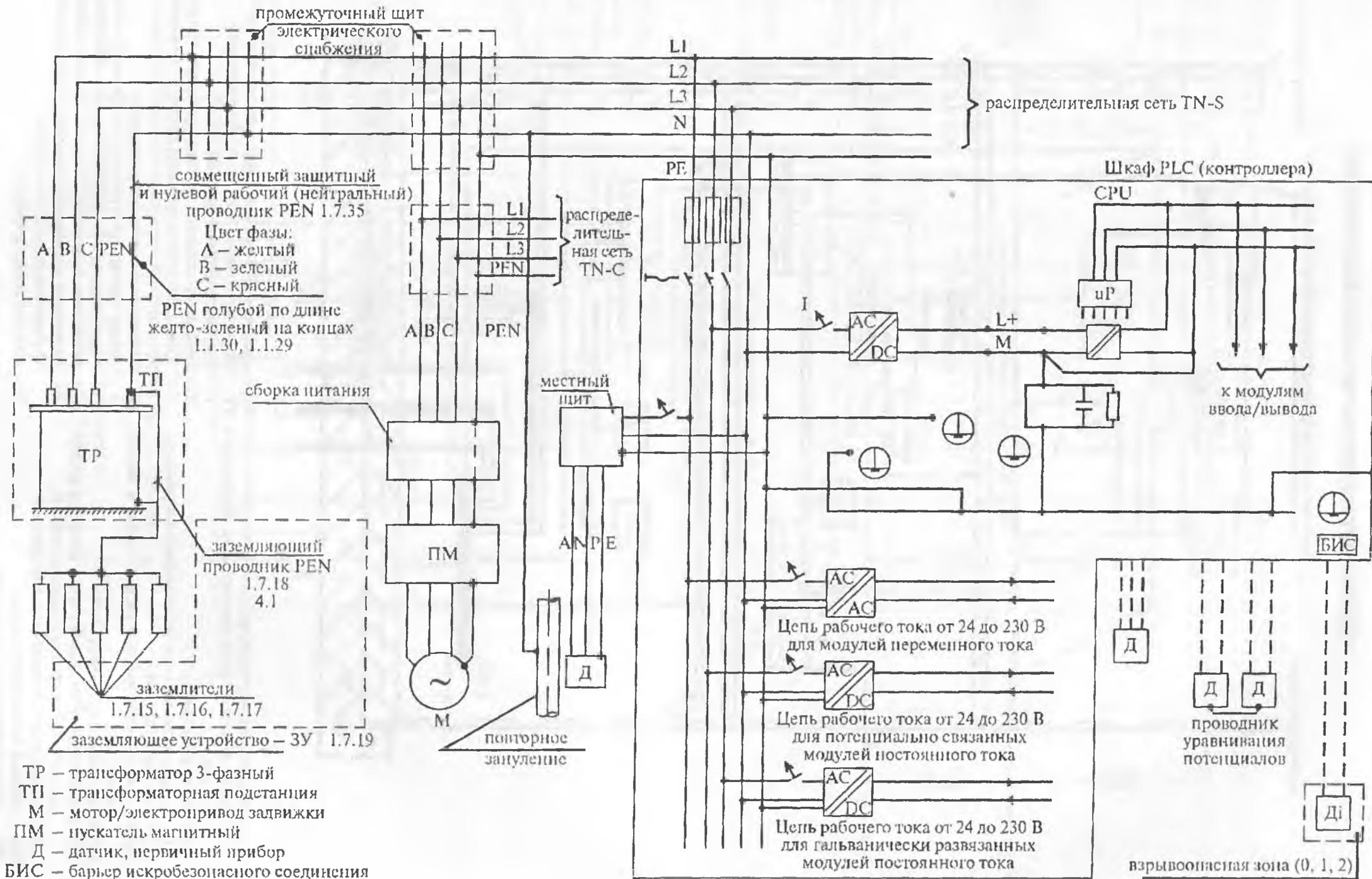
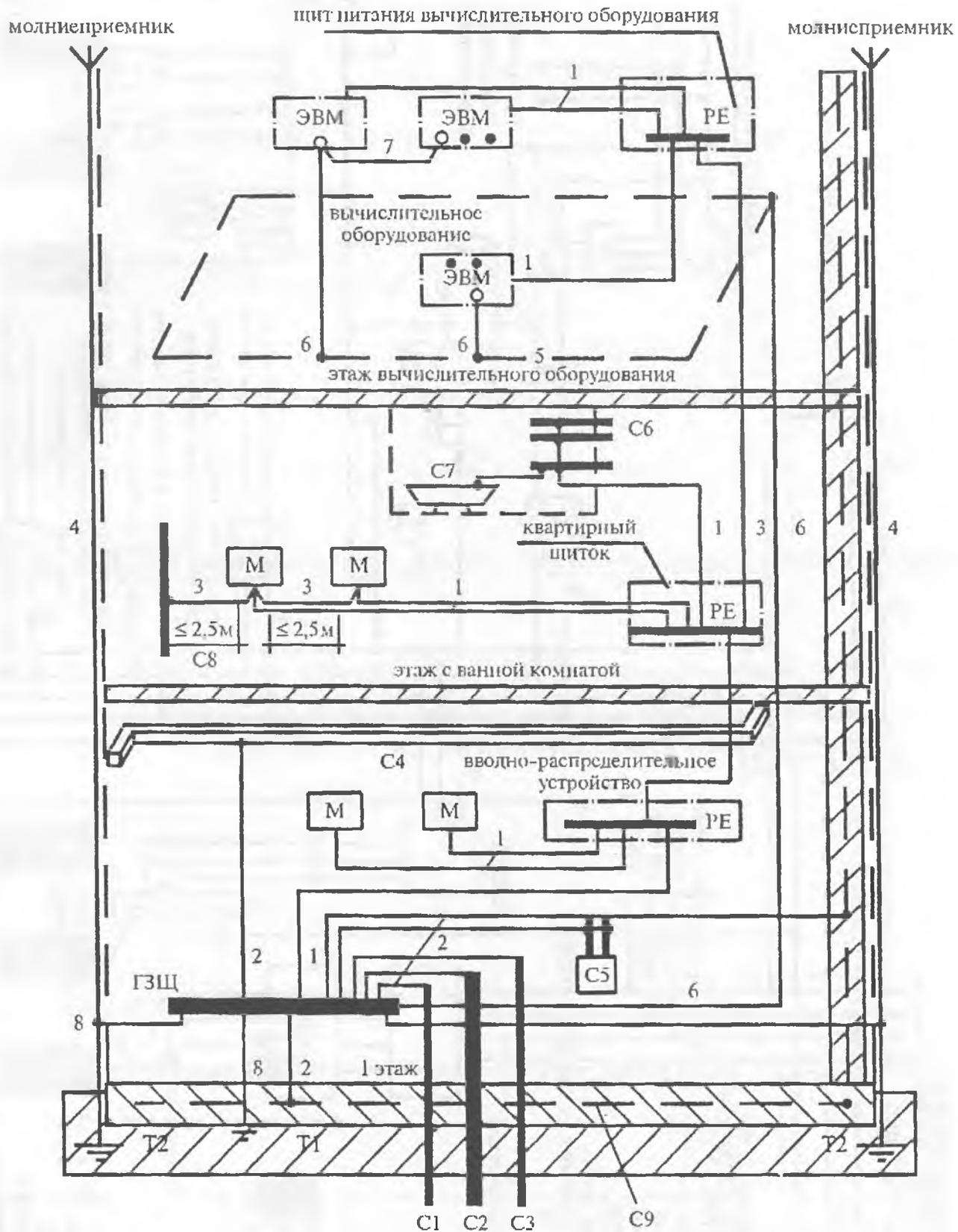


Рисунок 9.Р4

Система уравнивания потенциалов в здании

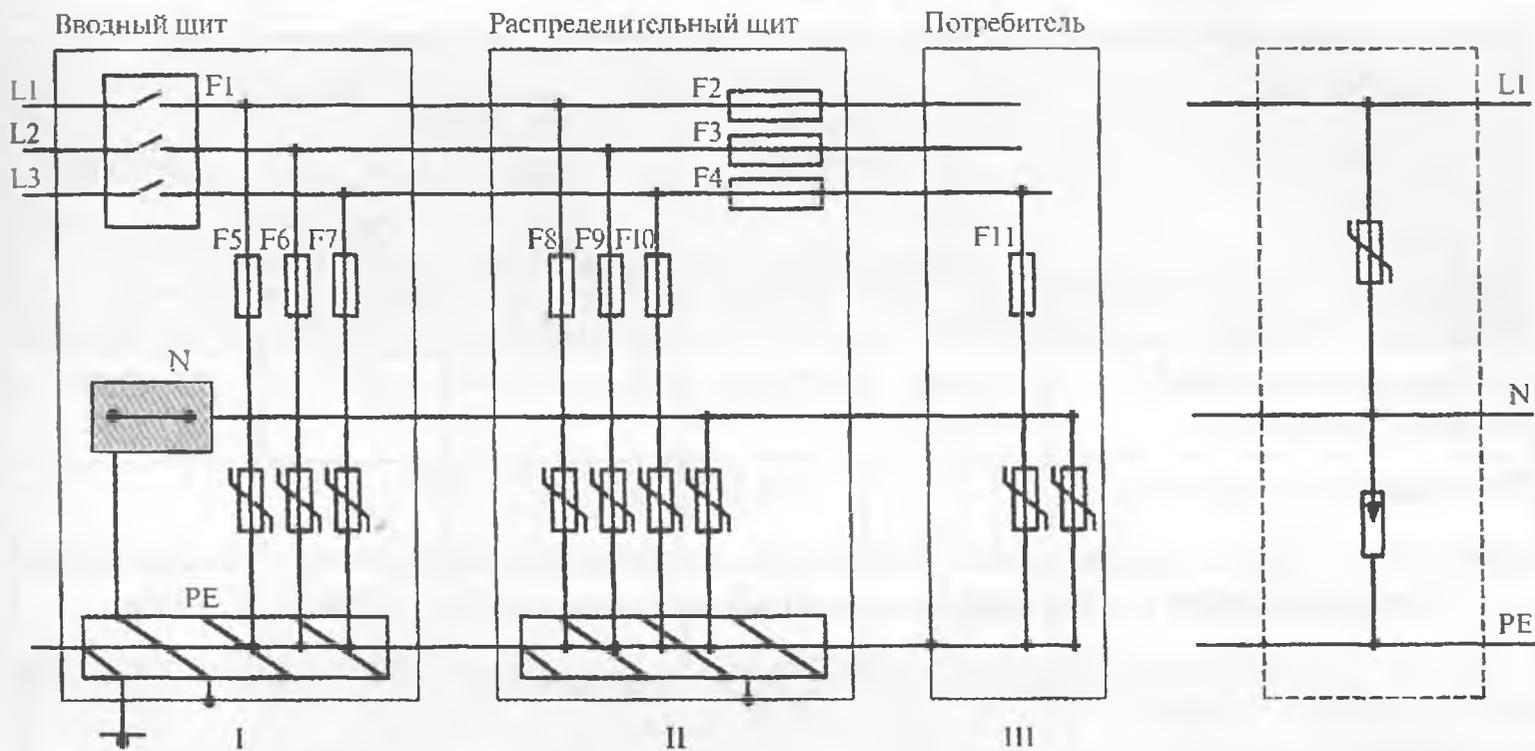


- | | |
|--|---|
| М — открытая проводящая часть; | Т1 — естественный заземлитель; |
| С1 — металлические трубы водопровода, входящие в здание; | Т2 — заземлитель молниезащиты (если имеется); |
| С3 — металлические трубы; | 1 — нулевой защитный проводник; |
| С4 — воздуховоды вентиляции и кондиционирования; | 2 — проводник основной системы уравнивания потенциалов; |
| С5 — система отопления; | 3 — проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов; |
| С6 — металлические водопроводные трубы в ванной комнате; | 4 — токоотвод системы молниезащиты; |
| С7 — металлическая ванна; | 5 — контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования; |
| С8 — сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей; | 6 — проводник рабочего (функционального) заземления; |
| С9 — арматура железобетонных конструкций; | 7 — проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления; |
| ГЗЩ — главная заземляющая шина; | 8 — заземляющий проводник |
| РЕ — нулевой защитный проводник; | |

Рисунок 9.Р5

Включение УЗИП в электропитающую линию

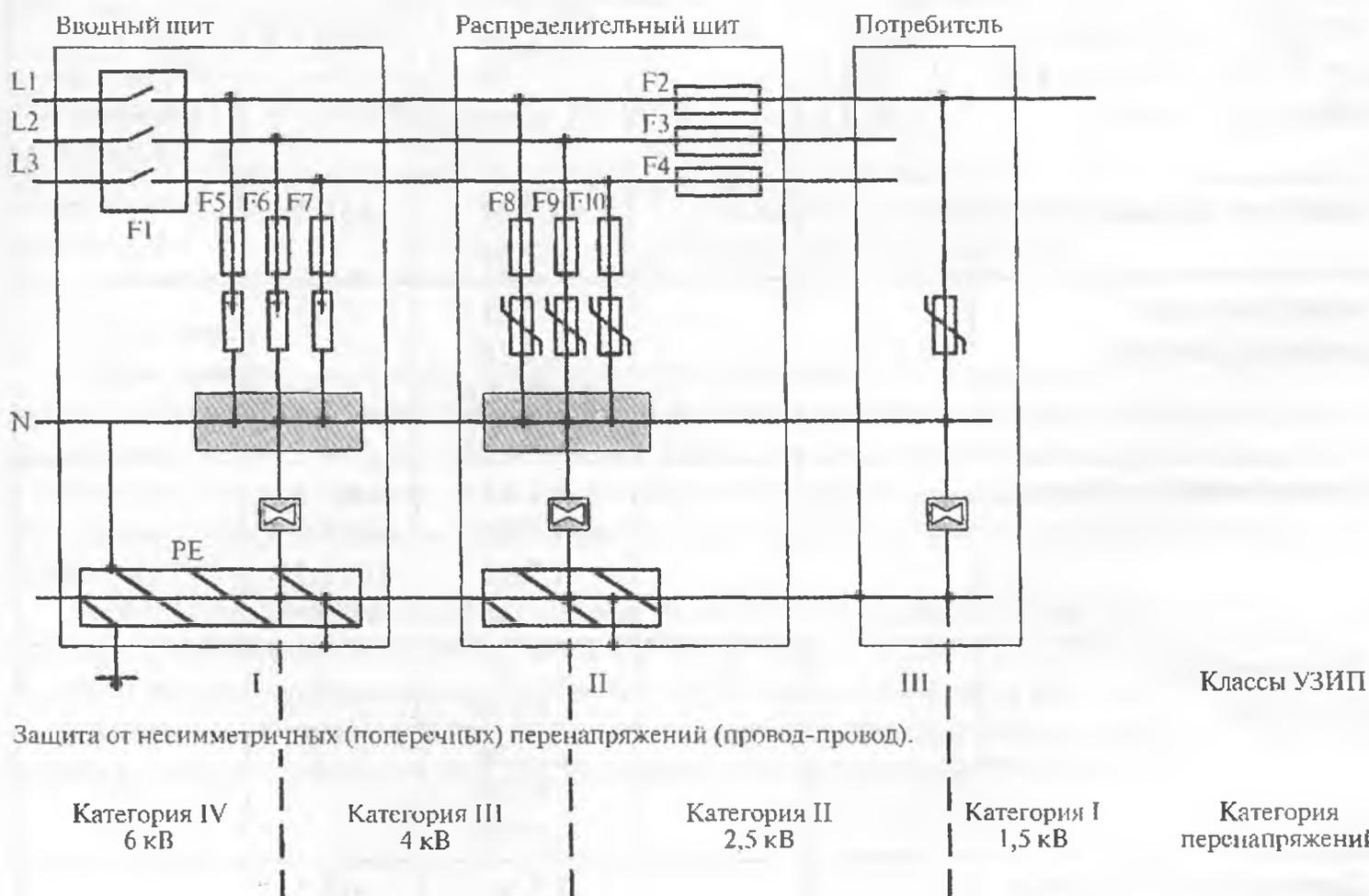
Схема А. Установка УЗИП в сети TN-C-S



Примечание.

Защита от симметричных (продольных) перенапряжений (провод-земля).

Схема Б. Установки УЗИП в сети TN-S



Защита от несимметричных (поперечных) перенапряжений (провод-провод).

Таблица 9.Т1

**Меры защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме
и при повреждении изоляции со ссылками на пункты ПУЭ (7 издание)
и ГОСТ Р 50571.3-94**

Меры защиты	Защита				Примечание
	От прямого прикосновения		При косвенном прикосновении		
	ПУЭ (7 издание)	ГОСТ Р 50571.3-94	ПУЭ (7 издание)	ГОСТ Р 50571.3-94	
1	2	3	4	5	6
1. Основная изоляция токоведущих частей	1.7.50 1.7.67	412.1			
2. Ограждения, оболочки	1.7.50 1.7.68	412.2			
3. Установка барьеров	1.7.50 1.7.69	412.3			
4. Размещение вне зоны досягаемости	1.7.50 1.7.70 1.7.71	412.4			
5. Применение сверхнизкого напряжения – система СНН	1.7.50 1.7.73 1.7.74	411.1	1.7.51	411.1	
6. Применение устройства защитного отклонения УЗО с дифтоком < 30 мА	1.7.50 1.7.58 IT 1.7.59 TT	412.5	1.7.79 1.7.78 TN – допуск	413.1.1.2	Для TN-с УЗО не применяется-п. 1.7.80 ПУЭ
7. Защитное заземление			1.7.51 1.7.54	413.1.1.2	
8. Автоматическое отклонение питания			1.7.51 1.7.78 1.7.79 TN 1.7.81 IT	413.1	
9. Уравнивание потенциалов			1.7.51 1.7.82 1.7.83	413.1 413.1.2.1 413.1.2.2 413.1.6	
10. Выравнивание потенциалов			1.7.51 1.7.139 1.7.174 1.7.175 1.7.177		
11. Двойная или усиленная изоляция			1.7.51 1.7.84	413.2	

Окончание табл. 9.Т1

1	2	3	4	5	6
12. Защитное электрическое разделение цепей			1.7.51 1.7.85	413.5 413.1.3	
13. Изолирующее (непроводящее) помещение, зона, площадка			1.7.51 1.7.86	413.3	

Примечание.

Меры защиты от поражения электрическим током, установленные требованиями перечисленных пунктов ПУЭ и ГОСТ Р, могут быть дополнены и уточнены требованиями соответствующих глав ПУЭ и комплекса государственных стандартов ГОСТ Р 50571.

Таблица 9.Т2

Меры защиты в зависимости от значений номинальных напряжений по ПУЭ (7 издание) и ГОСТ Р 50571.3-94 и сравнение их с мерами защиты по ПУЭ (6 издание)

Вид помещения	Необходимая защита п. 1.7.53 ПУЭ-7 и п. 411.1.1, 411.1.5.2. ГОСТ		Необходимое заземление или зануление п. 1.7.33 ПУЭ-6
	При прямом прикосновении	При косвенном прикосновении	
Помещения без повышенной опасности п. 1.1.13(1)	> ~ 25В > = 60В	> ~ 50В > = 120В	≥ ~ 380В ≥ = 440В
Помещения с повышенной опасностью п. 1.1.13(2)	> ~ 6В > = 15В	> ~ 25В > = 60В или > ~ 12В > = 30В	> ~ 42В > = 110В
Помещения особо опасные п. 1.1.13(3)			
Наружные установки п. 1.1.13(4)		при наличии требований соответствующих глав ПУЭ	

Примечания:

Меры защиты, указанные в таблице и предлагаемые ПУЭ (7 издание) и ГОСТ Р 50571.3-94, распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 1 кВ. Меры защиты рекомендуется применять для действующих электроустановок, если это повышает их надежность или их модернизация направлена на обеспечение требований безопасности, распространяемых на действующие электроустановки.

АСУТП относится к электроустановкам до 1 кВ, в которых должна применяться система питания TN-S или конечная часть (часть TN-S) системы питания TN-C-S. Система TN-S исключит возможность прохождения рабочего тока PEN-проводника через цепи АСУТП (рис. 9.Р3).

В данной главе рассмотрены, в основном, требования электробезопасности, которые свойственны электроустановкам до 1 кВ, имеющим систему питания TN-S или TN-C-S.

Таблица 9.Т3

**Применение электрооборудования классов 0, I, II, III
в электроустановках напряжением до 1 кВ**

Класс по ГОСТ 12.2.007.0 (Р МЭК 536)	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	—	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитного зажима — знаком  или буквами РЕ, или желто-зелеными полосами	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знаком 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знаком 	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

Таблица 9.Т4

**Максимальные температуры доступных
для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы**

Доступные для прикосновения части электрооборудования	Материал доступных частей	Максимальные температуры, °С
Ручки управления	Металл	55
	Неметалл	65
Части, не предназначенные для удерживания руками	Металл	70
	Неметалл	80
Части, не предназначенные для прикосновения при нормальных условиях обслуживания	Металл	80
	Неметалл	90

Таблица 9.Т5

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44
* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы. ** При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.				

Таблица 9.Т6

Применение устройств защиты от сверхтоков различного вида по ГОСТ Р 50571.5-94

Устройство		Защитные устройства, обеспечивающие защиту		
		От тока перегрузки и от тока короткого замыкания п. 432.1	Только от токов перегрузки п. 432.2	Только от токов короткого замыкания п. 432.3
Автоматический выключатель	с токовой отсечкой			+
	с комбинированным расцепителем	+		
	в сочетании с плавкими предохранителями	+		
Плавкие предохранители		+		+
С обратно зависимой характеристикой ниже токов КЗ (п. 432.2)			+	

Таблица 9.Т7

Основные требования к УЗИП разных классов

Класс УЗИП	Назначение УЗИП
I (B)	Предназначен для защиты от прямых ударов молнии в систему молниезащиты объекта или воздушную линию электропередач (ЛЭП). Устанавливается на вводе в объект в волно-распределительном устройстве (ВРУ) или главном распределительном щите (ГРЩ). Нормируется импульсным током с формой волны 10/350 мкс.
II (C)	Предназначен для защиты токораспределительной сети объекта от коммутационных помех или как вторая ступень защиты при ударе молнии. Устанавливается в распределительном щите. Нормируется импульсным током с формой волны 8/20 мкс.
III (D)	Предназначен для защиты потребителей от остаточных бросков напряжений, защиты от дифференциальных (несимметричных) перенапряжений (например, между фазой и нулевым рабочим проводником в системе TN-S), фильтрации высокочастотных помех. Устанавливается непосредственно возле потребителя. Может иметь самую разнообразную конструкцию (в виде розеток, сетевых вилок, отдельных модулей для установки на DIN-рейку или навесным монтажом). Нормируется импульсным током с формой волны 8/20 мкс.

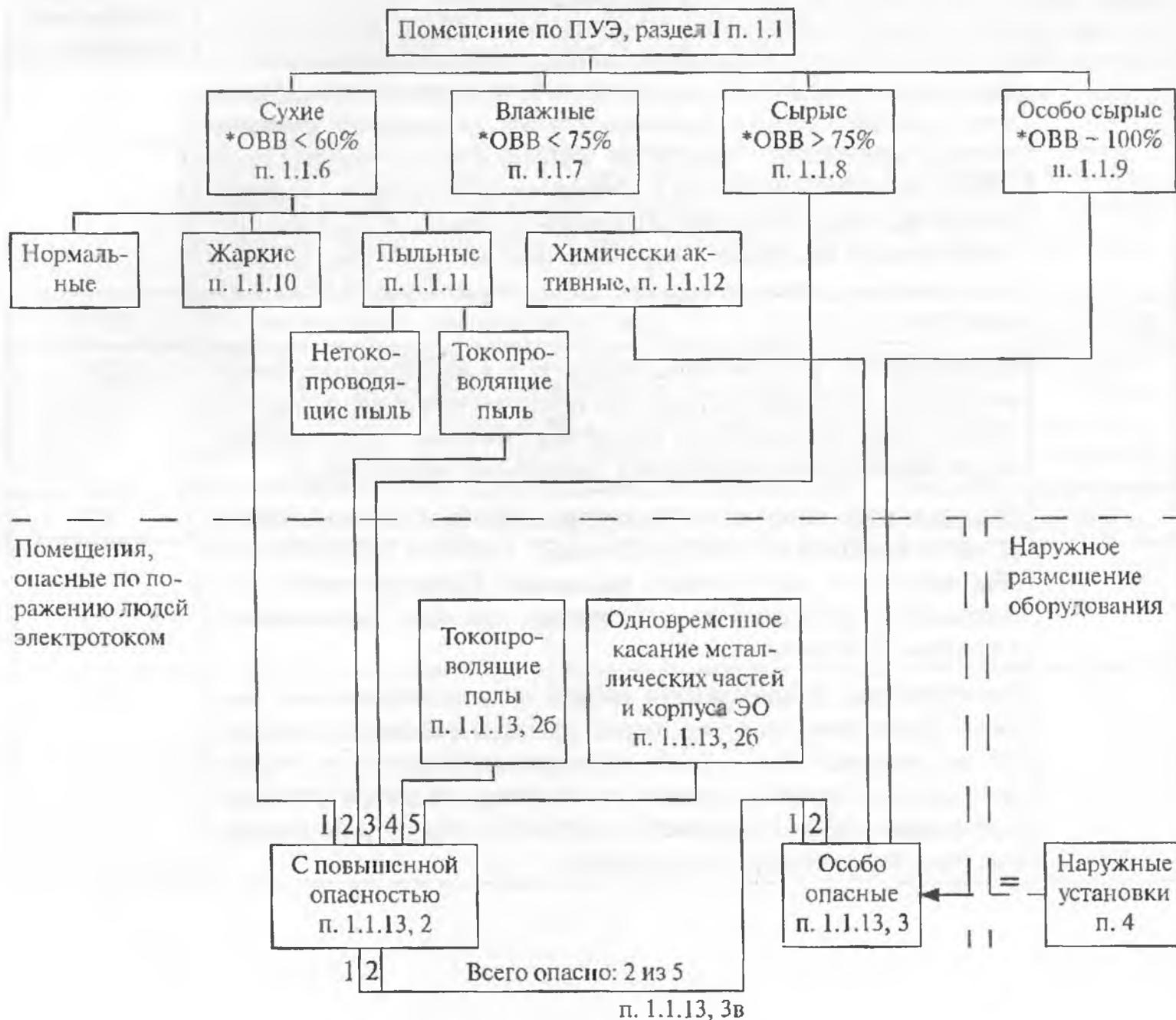
Таблица 9.Т8

Категоричность электрооборудования по стойкости к перенапряжениям

Категория перенапряжения	Характеристика	Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ
I	Специальное оборудование, которое, будучи присоединено к существующим электроустановкам зданий, нуждается в дополнительных устройствах защиты от импульсных перенапряжений. УЗИП могут быть встроены в оборудование категории I или расположены между этим оборудованием и остальной частью электроустановки (например, персональные компьютеры, которые подключены к питающей сети через удлинители со встроенными УЗИП).	1,5
II	Оборудование, которое присоединяют к существующим электроустановкам зданий посредством штепсельных розеток и других аналогичных соединителей (например, бытовые электроприборы, радиоэлектронные приборы, переносной инструмент).	2,5
III	Оборудование, установленное внутри зданий, которое составляет часть конкретной электроустановки здания и допустимо для обычных лиц и необученного персонала. Примеры такого оборудования – распределительные щитки, проводка, выключатели и розетки, электроплиты.	4,0
IV	Оборудование, установленное вблизи от электроустановок зданий (внутри или снаружи) перед главным распределительным щитом, которым может быть водно-распределительное устройство для многоэтажных зданий или квартирный щиток для индивидуальных зданий (например, электрические счетчики, первичные аппараты защиты от сверхтоков).	6,0

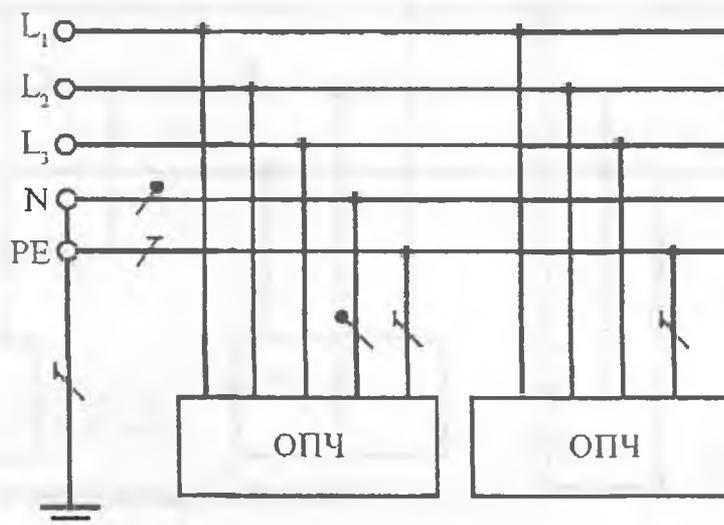
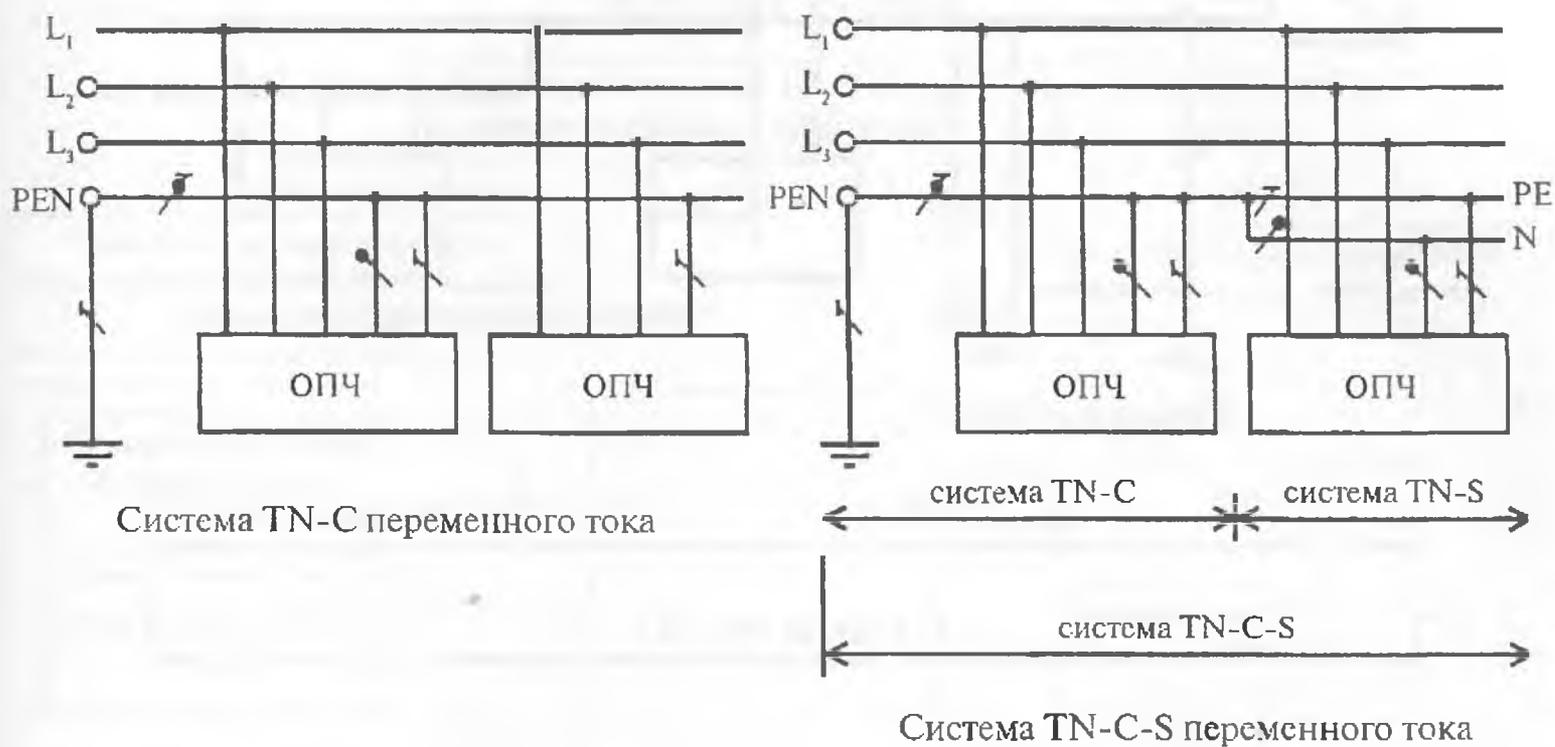
Схема 9.Сх1

**Классификация помещений по влажностно-температурным показателям,
наличию технологической пыли и агрессивной среды,
по опасности поражения людей электрическим током**

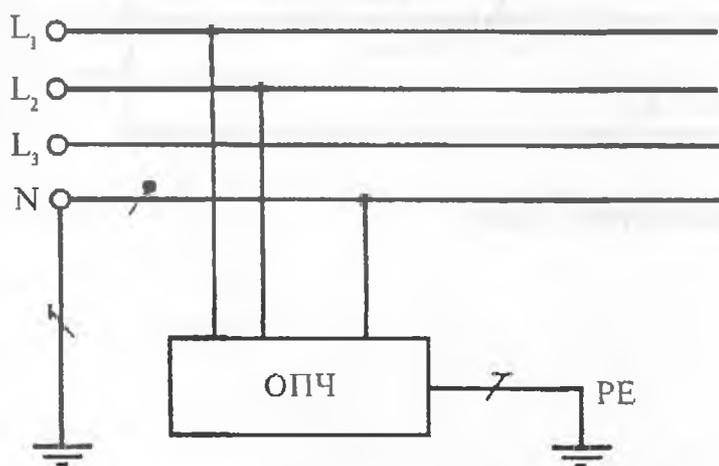


ОВВ – относительная влажность воздуха, %.

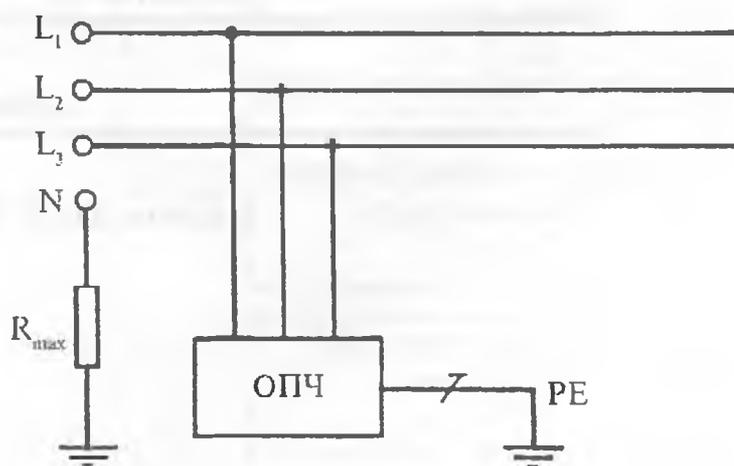
Системы заземления



Система TN-S переменного тока



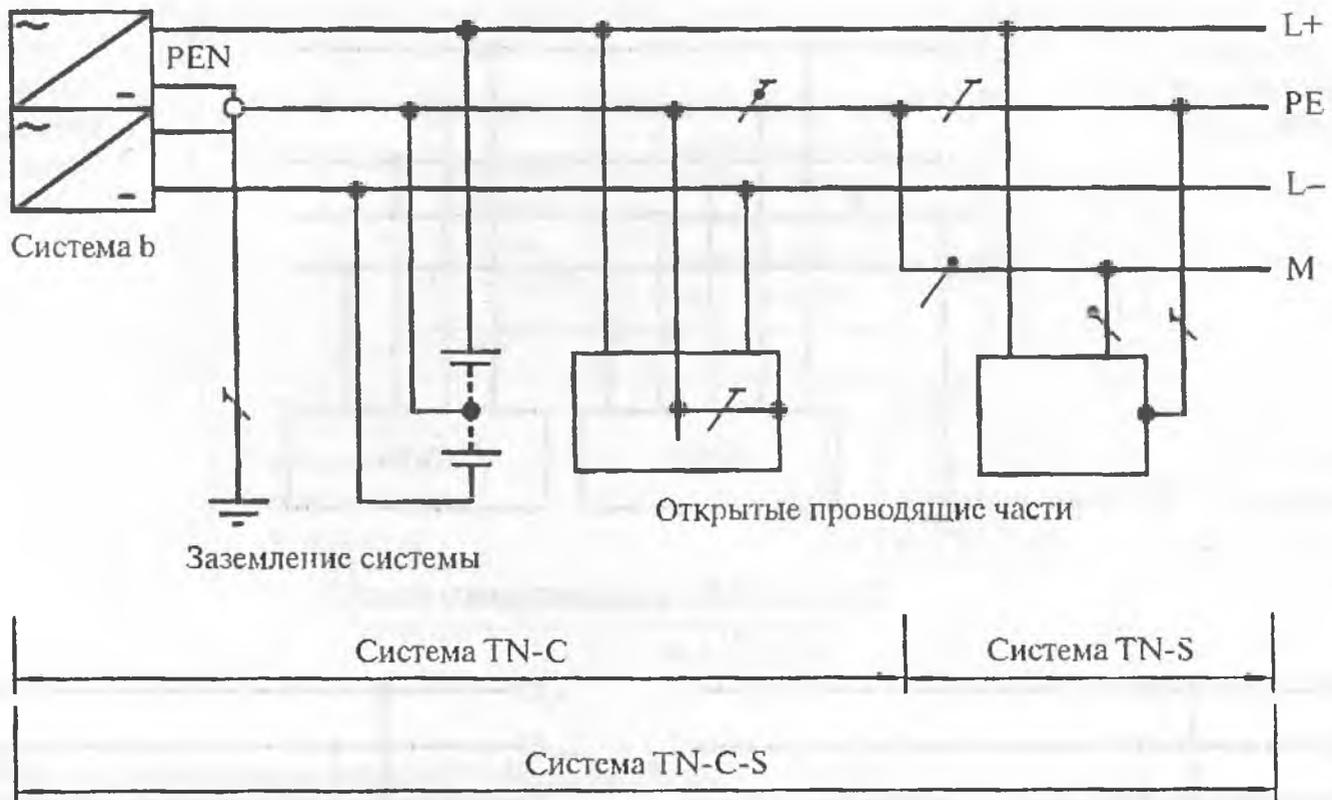
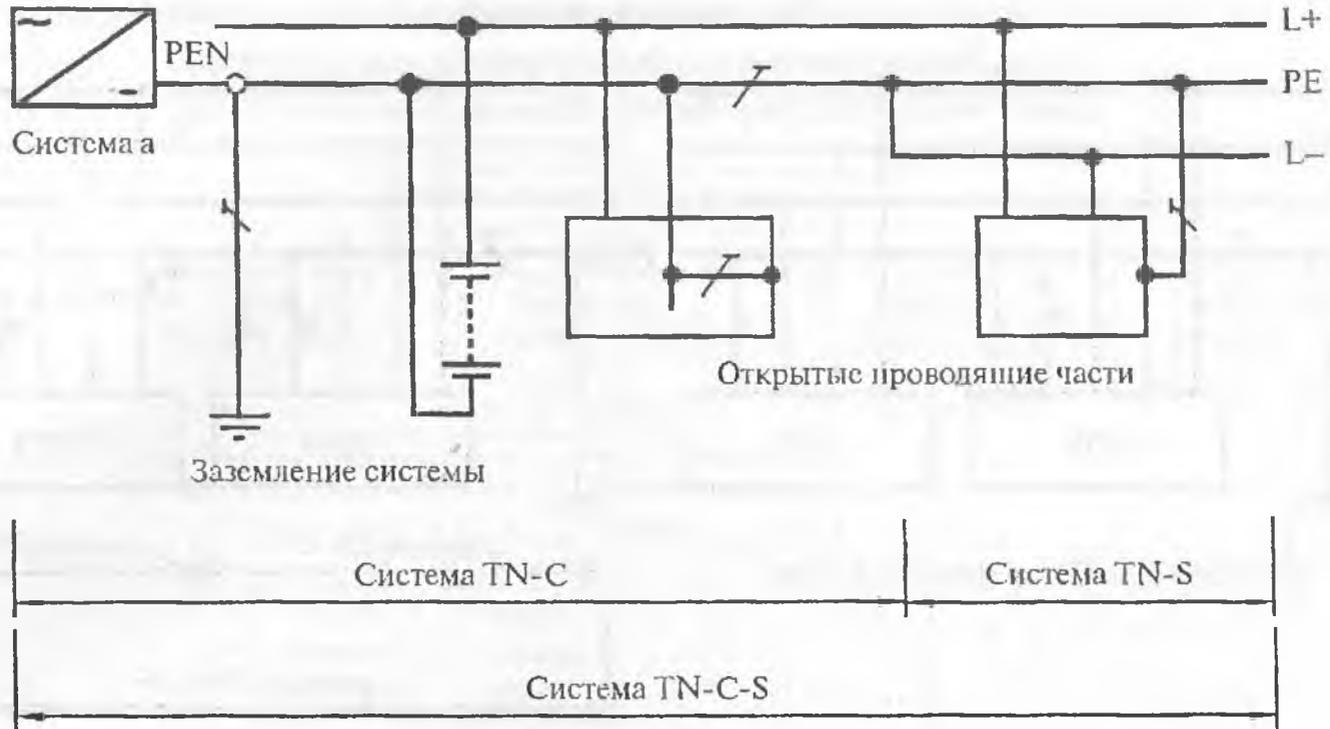
Система TT переменного тока



Система IT переменного тока

ОПЧ – открытые проводящие части.

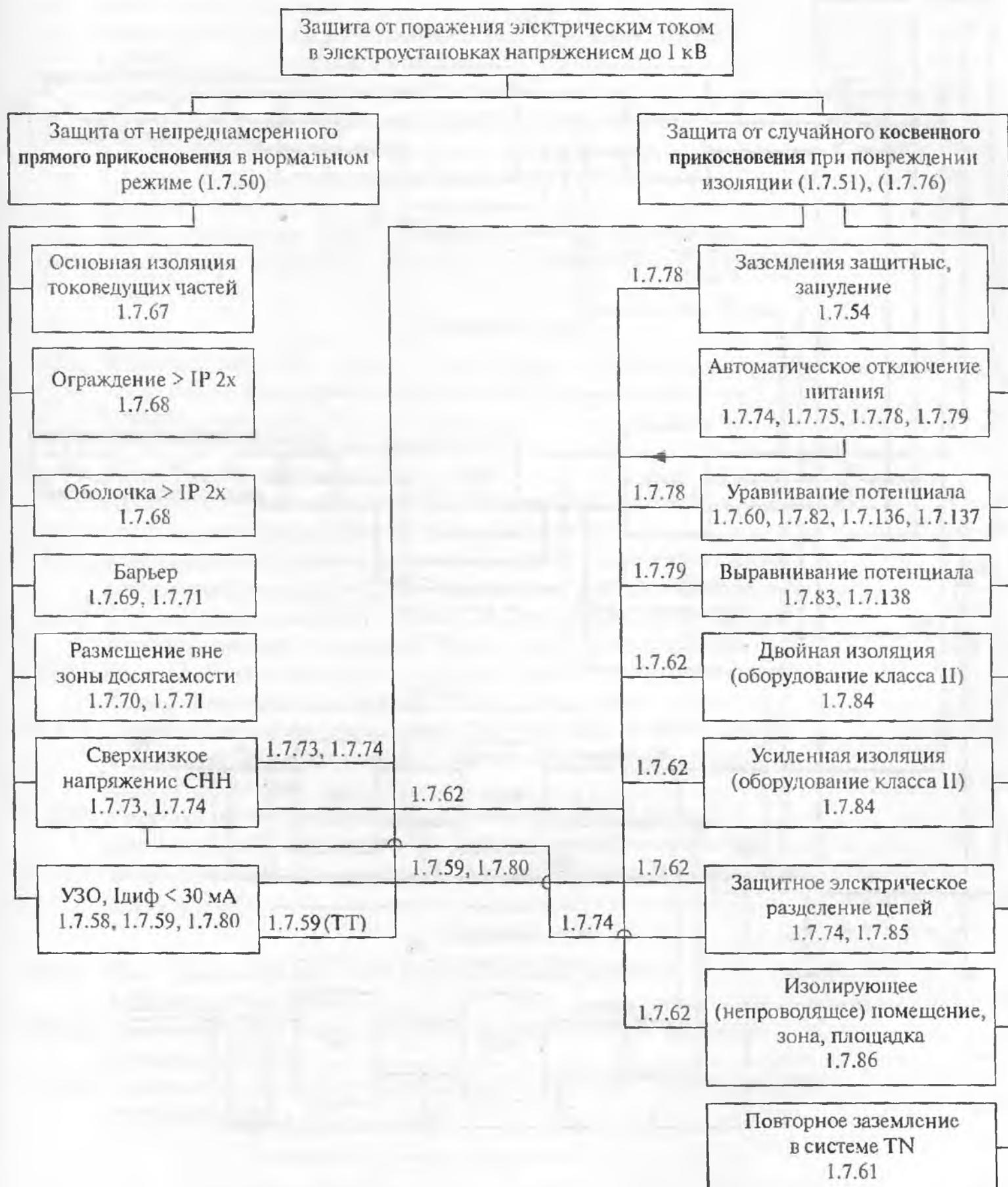
Окончание схемы 9.Сх2



Система TN-C-S постоянного тока

Схема 9.Сх3

Меры защиты электробезопасности в электроустановках напряжением до 1000 В по ПУЭ (7 издание)

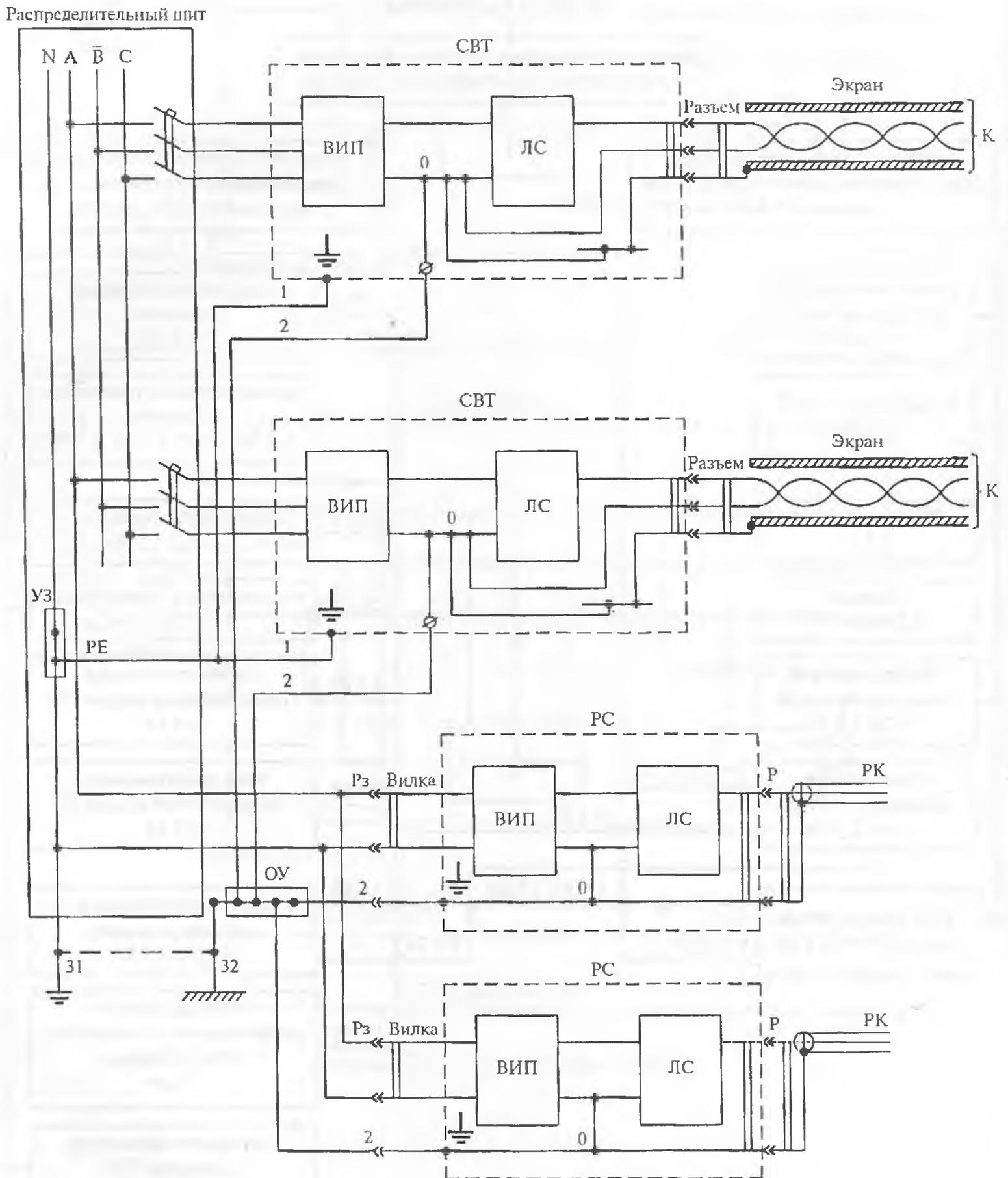


Примечание.

В схеме приведены ссылки на пункты раздела 1.7 ПУЭ (издание 7).

Схема 9.Сх4

Система питания и заземления СВТ



Рз — розетка питания;
 ВИП — вторичный источник питания;
 ЛС — логическая схема;
 К — кабель линии передачи информации с парной скруткой жил и экраном Э;
 УЗ — узел заземления;
 ОУ — опорный узел;

Р — разъем для радиочастотного кабеля;
 РК — радиочастотный кабель;
 РЕ — нулевой защитный проводник в изолирующей оболочке;
 31 — защитный заземлитель;
 32 — заземлитель нуль-системы;
 1 — нулевой защитный проводник;
 2 — заземляющий проводник нуль-системы (изолированный).

Глава 10. ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

	Лист
10.1. Физические величины	10–2
10.2. Размерности физических величин	10–4
10.3. Единицы физических величин	10–5
10.4. Правила написания обозначений единиц.....	10–7
10.5. Соотношение единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами	10–9
10.6. Таблицы соотношений единиц физических величин.....	10–12
10.7. Единицы вязкости.....	10–14
10.8. Перечень основных терминов, примененных в данной главе	10–15
10.9. Нормативно-технические документы, на которые имеются ссылки в данной главе.....	10–16

Перечень таблиц

10.T1 Греческий алфавит.....	10–17
10.T2 Приставки и множители	10–17
10.T3 Основные единицы СИ.....	10–18
10.T4 Некоторые производные единицы СИ	10–20
10.T5 Внесистемные единицы	10–22
10.T6 Некоторые относительные и логарифмические величины и их единицы.....	10–24
10.T7 Отношение между размерностями величин СИ	10–26
10.T8 Соотношение некоторых единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами. Таблица вида «единица-единица».....	10–31
10.T9 Соотношение некоторых единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами. Таблица вида «строка единиц»	10–35
10.T10 Соотношение некоторых единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами. Таблица вида «строки-графы»	10–37
10.T11 Соотношение некоторых единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами. Таблица вида «единицы с переводными коэффициентами»	10–48
10.T12 Перечень единиц физических величин различных систем, соотношения между которыми приведены в таблицах 10 главы.....	10–64
10.T13 Кинематическая вязкость (соотношение действует при значениях выше 60 сСт).....	10–65

Перечень схем

10.Cx1 Номограмма для пересчета кинематической вязкости в различных единицах.....	10–66
10.Cx2 Номограмма для пересчета значений динамической вязкости в кинематическую	10–67
10.Cx3 Зависимости кинематической вязкости некоторых нефтепродуктов от температуры	10–68

10.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

При проектировании АСУТП возникает необходимость анализировать физические параметры технологического процесса.

Физические величины технологического процесса определяют качественные свойства процесса. Такими физическими величинами в общепромышленных объектах управления чаще всего являются температура, давление, расход, уровень (расстояние по высоте между исходными точками), скорость, объем, масса, плотность, частота вращения, вязкость, концентрация, теплоемкость, количество теплоты, сила электрического тока, напряжение (электрический потенциал), электрические емкость, сопротивление и проводимость, индуктивность, напряженность магнитного поля, сила света, освещенность. Каждая измеряемая физическая величина имеет свой размер, т. е. количественное содержание свойства физической величины, выражаемое **числовым значением величины**.

Различные физические величины связаны между собой. Принято выражать большинство физических величин через несколько основных физических величин, которые таким образом определяют систему величин.

Ниже приводятся определения терминов физических величин по РМГ 29–99 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения».

«3.1. Физическая величина

Одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

3.3. Размер физической величины

Количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

3.4. Значение физической величины

Выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

3.5. Числовое значение физической величины

Отвлеченное число, входящее в значение величины».

«3.8. Физический параметр

Физическая величина, рассматриваемая при измерении данной физической величины как вспомогательная.

Пример.

При измерении электрического напряжения переменного тока частоту тока рассматривают как параметр напряжения. При измерении мощности поглощенной дозы рентгеновского излучения в некоторой точке поля этого излучения напряжение генерирования излучения часто рассматривают как один из параметров этого поля.

Примечание.

При оценивании качества продукции нередко применяют выражение *измеряемые параметры*. Здесь под параметрами, как правило, подразумевают величины, обычно наилучшим образом отражающие качество изделий или процессов.

3.11. Основная физическая величина

Физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы».

Исторически по мере развития и усложнения производственной деятельности человека расширялся круг физических величин, и повышались требования к точности измерений величин. Многообразие физических величин и их единиц (т. е. физических величин, которым присвоено числовое значение, равное 1) в различных отраслях производства и науки, в различных государствах и регионах не могло не привести к необходимости унификации единиц физических величин.

Как можно убедиться из таблицы 10.Т9, приведенной в данной главе для физической величины «длина», существовало значительное число физических единиц длины как в России, так и в англоязычных странах, в мореходстве и астрономии.

Такое многообразие, естественно, затрудняло межгосударственное и внутригосударственное общение.

На протяжении последних столетий ученые всего мира предлагали различные системы единиц физических величин.

В настоящее время в подавляющем большинстве стран мира принята «Метрическая система мер СИ».

В СИ за основные единицы приняты метр, килограмм, секунда, Ампер, градус Кельвина, моль и кандела.

Определения терминов по РМГ 29–99:

«4.1. Единица измерения физической величины»

Физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

4.2. Система единиц физических величин

Совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин.

Пример.

Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г., XI ГКМВ и уточненная на последующих ГКМВ.

4.3. Основная единица системы единиц физических величин

Единица основной физической величины в данной системе единиц».

Основные величины обозначаются прописной (заглавной) буквой латинского или греческого алфавита, называемой **размерностью** основной физической величины. Размерности эти следующие (СИ):

Длина..... L	Сила тока..... I
Масса..... M	Термодинамическая температура..... Θ
Время..... T	Количество вещества..... N
Сила..... F	Сила света..... J

Однако в крупных странах – США, Великобритании, Канаде, и в ряде небольших стран, используется так называемая английская (британская) система мер, которая основана на единицах фут, фунт, секунда, градус Фаренгейта. Переход на метрическую систему инерционен и требует больших организационных и финансовых вложений.

Кроме основных единиц, СИ и английская система мер предполагают использование производных величин и единиц, не входящих в эти системы (внесистемных единиц).

«4.5. Производная единица системы единиц физических величин

Единица производной физической величины системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными».

«4.7. Внесистемная единица физической величины

Единица физической величины, не входящая в принятую систему единиц.

Примечание.

Внесистемные единицы (по отношению к единицам СИ) разделяются на 4 группы:

- 1 – допускаемые наравне с единицами СИ;
- 2 – допускаемые к применению в специальных областях;
- 3 – временно допускаемые;
- 4 – устаревшие (не допускаемые)».

В то же время продолжают использоваться, особенно в обиходной жизни, старинные единицы измерений: аршин, пядь, сотка, шкалик, ведро, пуд, золотник и др.

10.2. РАЗМЕРНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Производные физические величины выражают через основные величины, как правило, используя размерность производной величины и определяющее уравнение.

Размерностью физической величины (по п. 3.13 РМГ 29–99) называют выражение, отражающее связь величины с основными величинами системы, в которых коэффициент пропорциональности принят равным единице.

Определяющим уравнением (по п. 3.13 РМГ 29–99 – уравнение связи между величинами) производной величины называют формулу, посредством которой физическая величина может быть в явном виде выражена через другие величины системы. При этом коэффициент пропорциональности в данной формуле должен быть равным единице. Например, определяющим уравнением скорости является формула

$$V = s/t,$$

где s – длина пути, пройденного телом при равномерном движении за время t .

Подставим в формулу вместо длины пути s и времени t их размерности L и T :

$$\text{размерность скорости} = L/T = L T^{-1}.$$

Размерность величины обозначается символом «dim». Английское слово «dimension» означает «размер», «размерность». Тогда размерность скорости запишется в виде

$$\dim V = L T^{-1}.$$

Определяющими уравнениями площади и объема являются формулы:

$$S = a^2, V = b^3,$$

где a – длина стороны квадрата,

b – длина ребра куба.

Подставив вместо a и b размерность L , найдем размерности площади и объема:

$$\dim S = L^2, \dim V = L^3.$$

Последовательность расположения производных величин при построении системы удовлетворяет следующим условиям:

– первой должна быть величина, которая выражается только через основные величины;

– каждая последующая должна быть величиной, которая выражается только через основные и/или такие производные, которые ей предшествуют.

В таблицах 10.Т4 и 10.Т7 приведены размерности физических величин СИ.

В иных системах мер размерности одной и той же физической величины могут быть другими.

Размерности позволяют:

– определить изменение размера производной величины при изменении размеров, определяющих основные величины. (Например, изменение скорости при изменении пройденного пути за тот же промежуток времени: путь увеличился в 2 раза; соответственно скорость также увеличится в 2 раза).

– установить соотношение единиц в разных системах мер;

– определить ошибки при решении технологических задач (размерности левой и правой частей формулы расчета должны совпадать).

10.3. ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Измерение физической величины в АСУТП производится с использованием соответствующей единицы. При этом измерение осуществляется измерительным средством автоматизации в соответствующих единицах физической величины.

Единица физической величины – это физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1. Обозначается единица физической величины следующим образом: $[X]$, $[X_1]$, ..., $[X_n]$.

Так как в практической деятельности человека приходится измерять величины разных размеров, то для одной и той же величины может быть несколько единиц, отличающихся друг от друга размером.

Например, $1,7 \text{ м} = 170 \text{ см} = 1700 \text{ мм}$.

Физическая величина X характеризуется числовым значением, обозначение которого $\{X\}$, $\{X_1\}$, ..., $\{X_n\}$.

Числовые значения конкретной физической величины обратно пропорциональны размерам единиц, в которых выражена эта величина.

$$\{1,7\}[\text{м}] = \{170\}[\text{см}] \text{ или в общем случае } \{X_1\}[X_1] = \{X_2\}[X_2].$$

$$\frac{\{1,7\}}{\{170\}} = \frac{[\text{см}]}{[\text{м}]} \quad \text{или} \quad \frac{\{x_1\}}{\{x_2\}} = \frac{[x_1]}{[x_2]}.$$

$$\text{определим } \{x_2\} = \frac{[x_1]}{[x_2]} \{x_1\} = K \{x_1\}, \text{ в частном случае}$$

$$\{170\} = \frac{[\text{м}]}{[\text{см}]} \cdot \{1,7\}, \text{ т. е. } \frac{[\text{м}]}{[\text{см}]} = 100 \text{ или единица физической величины 1 м больше единицы физической величины 1 см в 100 раз (1 метр = 100 сантиметрам).}$$

Числовой множитель K , равный отношению единиц, называется коэффициентом пересчета.

$$\frac{[\text{см}]}{[\text{м}]} = \frac{\{1,7\}}{\{170\}} = \frac{1}{100} = \frac{1}{K} = K_{\text{об}}, \text{ т. е. единица } [\text{см}] \text{ меньше единицы } [\text{м}] \text{ в } 100 \text{ раз.}$$

В данном примере пересчет ведется для дольной единицы (сантиметр) по отношению к основной единице (метр). В этом случае условно назовем коэффициент пересчета коэффициентом обратного пересчета $\left(K_{\text{об}} = \frac{1}{K} \right)$.

Внесистемными единицами называются единицы физических величин, которые не входят ни в систему единиц СИ, ни в другие известные системы единиц. Внесистемной единицей являются, например, единица мощности – лошадиная сила, единица давления – миллиметр ртутного столба, единица температуры – градус Реомюра и градус Цельсия, единица площади – гектар, единица массы – карат и др.

Внесистемные единицы подразделяются на виды: кратные и дольные, относительные и логарифмические, специальные.

Кратная единица (п. 4.10 РМГ 29–99) в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

К примеру, километр в 1000 раз больше системной единицы метра ($1 \text{ км} = 10^3 \text{ м}$); центнер более системной единицы массы кг в 100 раз ($1 \text{ ц} = 10^2 \text{ кг}$); кратная единица времени – минута в 60 раз больше секунды ($1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$).

Дольная единица (п. 4.11 РМГ 29–99) в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Например, дольная единица микрометр в 10^6 раз меньше системной единицы метра ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$);

дольная единица плоского угла минута в 60 раз меньше системной единицы градус ($1' = 1/60^\circ$).

Наиболее удобны для применения десятичные кратные и дольные единицы, образуемые с использованием числа 10 в степенях с целым показателем.

Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования приведены в таблице 10.Т2, которая соответствует таблице 8 ГОСТ 8.417-2002.

Примеры обозначения:

$$5 \text{ км}^2 = 5(10^3 \text{ м})^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ м}^2;$$

$$250 \text{ см}^3/\text{с} = 250(10^{-2} \text{ м})^3/\text{с} = 250 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$50 \text{ тн}/\text{м}^3 = 50(10^3 \text{ кг})/\text{м}^3 = 50 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Примеры наименования:

– пикофарад (но не микромикрофарад);

– миллиграмм (но не микрокилограмм);

– килопаскаль-секунда на метр (но не паскаль-килосекунда на метр).

В обоснованном случае:

– тонна-километр (но не килотонна-метр);

– ампер на квадратный миллиметр (но не микроампер на квадратный метр).

Относительная единица физической величины является безразмерной, как ре-

зультат отношения физической величины к одной и той же единице за исходную.

Кроме безразмерной единицы относительные величины выражаются во внесистемных относительных единицах: процентах ($\%$ — 10^{-2}), промиллях (‰ — 10^{-3}), миллионных долях (млн^{-1} — 10^{-6} ; международное — ppm).

Логарифмическая величина — величина, равная логарифму безразмерного отношения физической величины к однородной величине, принятой за исходную. К логарифмическим величинам относятся: уровень звукового давления, усиление или ослабление, уровень громкости и частотный интервал и др.

Логарифмические величины и их единицы приведены в таблице 10.Т6.

Специальные внесистемные единицы — это внесистемные единицы, не вошедшие в определение кратных, дольных, относительных, логарифмических единиц.

Большинство специальных единиц исторически появились в различное время независимо друг от друга в специфичных областях науки и производства для удобства выражения конкретной физической величины.

Некоторые внесистемные единицы приведены в таблице 10.Т5.

В таблице 10.Т6 приведена внесистемная единица количества информации.

10.4. ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ

При написании значений величин применяют обозначения единиц буквами или специальными знаками (\dots° , \dots' , \dots''), причем устанавливают два вида буквенных обозначений: международное (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русское (с использованием букв русского алфавита). Название и написание букв греческого алфавита приведены в таблице 10.Т 1.

Буквенные обозначения единиц печатают прямым шрифтом. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят.

Обозначения единиц помещают за числовыми значениями величин и в строку с ними (без переноса на следующую строку). Числовое значение, представляющее собой дробь с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключают в скобки.

Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел.

Правильно:	Неправильно:
100 kW; 100 кВт	100kW; 100кВт
80 %	80%
20 °C	20°C
$(1/60) \text{ s}^{-1}$	$1/60/ \text{ s}^{-1}$

Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробел не оставляют.

Правильно:	Неправильно:
20°	20 °

При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы помещают за всеми цифрами.

Правильно:	Неправильно:
423,06 m; 423,06 м	423 m 0,6; 423 м 0,6

5,758° или 5°45,48'
или 5°45'28,8''

5°758 или 5°45',48
или 5°45'28'',8

При указании значений величин с предельными отклонениями числовые значения с предельными отклонениями заключают в скобки и обозначения единиц помещают за скобками или проставляют обозначение единицы за числовым значением величины и за ее предельным отклонением.

Правильно:
(100,0 ± 0,1) kg; (100,0 ± 0,1) кг
50 g ± 1 g; 50 г ± 1 г

Неправильно:
100,0 ± 0,1 kg; 100,0 ± 0,1 кг
50 ± 1 g; 50 ± 1 г

Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделяют точками на средней линии как знаками умножения. Не допускается использовать для этой цели символ «х».

Правильно:
N·m; Н·м
A·m²; А·м²
Pa·s; Па·с

Неправильно:
Nm; Нм
Am²; Ам²
Pas; Пас

В машинописных текстах допускается точку не поднимать.

Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не вызывает недоразумения.

В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления используют только одну косую или горизонтальную черту. Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведенных в степени (положительные и отрицательные).

Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, s⁻¹, m⁻¹, K⁻¹, c⁻¹, m⁻¹, K⁻¹), применять косую или горизонтальную черту не допускается.

Правильно:
W·m⁻²·K⁻¹; Вт·м⁻²·К⁻¹

Неправильно:
W/m⁻²/K⁻¹; Вт/м⁻²/К⁻¹

$\frac{W}{m^2 \cdot K}; \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

$\frac{W}{K}; \frac{Вт}{К}$

При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки.

Правильно:
m/s; м/с
W/(m·K); Вт/(м·К)

Неправильно:
m/s; м/с
W/m·K; Вт/м·К.

При указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, не допускается комбинировать буквенные обозначения и наименования единиц, т. е. для одних единиц указывать обозначения, а для других — наименования.

Правильно:
80 км/ч
80 километров в час

Неправильно:
80 км/час
80 км в час

10.5. СООТНОШЕНИЕ ЕДИНИЦ СИ С ЕДИНИЦАМИ ДРУГИХ СИСТЕМ И ВНЕСИСТЕМНЫМИ ЕДИНИЦАМИ

При вычислении физических величин при помощи расчётных определяющих формул системы измерений или ее размерности \dim : все величины, входящие в формулу или размерность, следует выразить в основных единицах одной системы. Если это не выполнить, то в переводе единиц одной системы в другую возникают ошибки.

Кроме того, необходимо знать:

- коэффициенты перевода основных величин одной системы в другую;
- значение соотношения неизвестных числовых производных величин системы к величинам той же системы, переводные коэффициенты, которые в других системах известны;
- значение внесистемных величин в единицах одной из систем.

Соотношение между производными или внесистемными единицами однородных физических величин в разных системах определяется посредством проведения ряда действий.

При переводе производной единицы в системе А в единицу системы В необходимо:

1. Выразить производную единицу системы А через ее основные единицы.
2. Входящие в данную производную единицу основные единицы системы А выразить в соответствующих единицах системы В (предполагается, что соотношение основных единиц системы А с однородными единицами системы В известно).
3. В полученном выражении произвести алгебраические действия как с числами, так и с наименованиями основных единиц системы В.

В случае если переводимая производная единица системы А выражается через другие производные единицы той же системы, соотношение которых с соответствующими единицами системы В известно:

1. Выразить переводимую единицу через производные единицы этой же системы и далее через соответствующие единицы системы В.
2. Выполнить алгебраические действия.

На основании изложенных правил рассмотрим примеры перевода единиц английской (британской) системы и несистемных единиц в единицы СИ.

Вспомним соотношения между основными единицами двух указанных систем:

$$1 \text{ метр} = 3,28 \text{ фут (ft)}$$

$$1 \text{ кг} = 2,20 \text{ фунт (lb)}$$

$$1 \text{ с} = 1 \text{ с}$$

$$1 \text{ }^\circ\text{K} = 1 \text{ }^\circ\text{C (Цельсия)} = 1,8 \text{ }^\circ\text{F (Фаренгейта)}$$

$$1 \text{ фут (ft)} = 0,3048 \text{ м}$$

$$1 \text{ фунт (lb)} = 0,4536 \text{ кг}$$

$$1 \text{ Ампер} = 1 \text{ ампер}$$

$$1 \text{ }^\circ\text{F (Фаренгейта)} = 0,556 \text{ }^\circ\text{C (Цельсия)} = 0,556 \text{ }^\circ\text{K}$$

Пример:

Приведем основные технические данные некоего обезличенного массового (кориолисового) расходомера, выпускаемого фирмой США:

1. Номинальный диаметр трубы входа/выхода — 3";
2. Расход массовый максимальный — 4000 lb/min;
3. Давление рабочее — 1500 psi;
4. Плотность среды максимальная — 156,1 lb/ft³;
5. Ошибка измерения плотности — $\pm 0,005$ g/cc;

6. Температура измеряемой среды — $-140\text{ }^{\circ}\text{F} \div 300\text{ }^{\circ}\text{F}$;
7. Температура окружающей среды — $-40\text{ }^{\circ}\text{F} \div 185\text{ }^{\circ}\text{F}$;
8. Внешнее давление максимальное — $10,1\text{ lb/in}^2$;
9. Внешние размеры в in:
 - 9.1. Длина — 67,91;
 - 9.2. Высота — 16,1;
 - 9.3. Толщина — 11,9;
10. Масса — 135 lb.

По алгоритму, изложенному выше, выразим используемые в примере производные и внесистемные единицы английской системы через основные единицы той же системы (таблица 10Т. 8).

$$1'' = 1\text{ in (дюйм)} = 1/12\text{ ft (фут)};$$

$$1\text{ min} = 60\text{ s};$$

$$1\text{ psi} = 1\text{ lb} \cdot \text{f/in}^2 = 1\text{ lb} \cdot \text{f}/(1/12\text{ ft})^2; \text{ где psi — pounds(av)sq in; lb} \cdot \text{f} — \text{фунт-сила.}$$

Плотность, указанная в производных единицах СИ ($\text{g/cc} — \text{г/см}^3$); переводим в основные единицы СИ: $1\text{ г/см}^3 = 1000\text{ кг/м}^3$.

Далее проводим алгебраические действия с числовыми значениями данных и с наименованиями основных единиц.

1. Номинальный диаметр трубы

$$D_n = 3'' = 3 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,3048 \cdot \left[\text{in} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{in}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{ft}} \right] = 0,0762\text{ м} = 76,2 \cdot 10^{-3}\text{ м.}$$

Для средств автоматизации применяется производная единица $\text{мм} = 1/1000\text{ м}$. Тогда $D_n = 76,2\text{ мм}$.

2. Расход массовый максимальный

$$Q_{\text{max}} = 4000\text{ lb/min} = 4000 \cdot 0,4536/60 \left[\frac{\text{lb}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{кг/lb}}{\text{min} \cdot (\text{сек/мин})} \right] = 30,24\text{ кг/сек} = \\ = 108\,864\text{ кг/ч} = 108,864\text{ т/ч.}$$

3. Давление рабочее

$$P_{\text{раб}} = 1500\text{ psi} = 1500\text{ lb} \cdot \text{f/in}^2 = 1500 \left\{ 0,4536 / \left(\frac{1}{12} \cdot 0,3048 \right)^2 \right\} \left[\frac{\text{кгс}}{\left(\text{in} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{in}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{ft}} \right)^2} \right] = \\ = 1500 \cdot 703,15\text{ кгс/м}^2 = 1500 \cdot 703,15 \cdot 10^{-4}\text{ кгс/см}^2 = 1500 \cdot 68,9 \cdot 10^{-3}\text{ бар} = 1500 \cdot 6,89\text{ кПа.}$$

Соотношения $\text{бар} = 10^5\text{ Па}$ и $\text{кгс/см}^2 = 98066,5\text{ Па}$ взяты из таблиц ГОСТ 8.417–2002.

Таким образом, $P_{\text{раб}} = 10335\text{ кПа} = 103,35\text{ бар} = 105,5\text{ кгс/см}^2$.

4. Плотность среды максимальная

$$\rho_{\text{max}} = 156,1\text{ lb/ft}^3 = 156,1 \cdot 0,4536/0,3048^3 \left[\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{lb}} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{ft}} \right)^3 \right] = \\ = 156,1 \cdot 16,02\text{ кг/м}^3 \cong 2500\text{ кг/м}^3.$$

5. Ошибка измерения плотности

$$\Delta\rho = \pm 0,005 \text{ g/cc} = \pm 0,005 \cdot \left\{ \frac{10^{-3}}{(10^{-2})^3} \right\} \left[\frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{Г}} \left(\frac{\text{М}}{\text{СМ}} \right)^3 \right] = \pm 0,005 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 = \pm 5 \text{ кг/м}^3.$$

6. Температура измеряемой среды

$$t = -140 \text{ }^\circ\text{F} \div 300 \text{ }^\circ\text{F};$$

Расчет проводим по формуле:

$$t = 5/9(f - 32); \text{ где } t \text{ — температура в } ^\circ\text{C}, f \text{ — температура в } ^\circ\text{F (Фаренгейта).}$$

$$t_{\text{min}} = 5/9(-140 - 32) = 5/9 \cdot (-172) = -95,555 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{max}} = 5/9(300 - 32) = 5/9 \cdot 268 = 148,888 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t = -95,555 \text{ }^\circ\text{C} \div 148,888 \text{ }^\circ\text{C} (-96 \text{ }^\circ\text{C} \div 149 \text{ }^\circ\text{C}).$$

7. Температура окружающей среды

$$t_{\text{окр.}} = -40 \text{ }^\circ\text{F} \div 185 \text{ }^\circ\text{F}.$$

По приведенной в п. 7 формуле рассчитаем:

$$t_{\text{окр.мин.}} = 5/9(-40 - 32) = -5/9 \cdot 72 = -39,999 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{окр.макс.}} = 5/9(185 - 32) = 5/9 \cdot 153 = 84,999 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t = -39,999 \text{ }^\circ\text{C} \div 84,999 \text{ }^\circ\text{C} (-40 \text{ }^\circ\text{C} \div 85 \text{ }^\circ\text{C}).$$

8. Внешнее максимальное давление по расчету, аналогичному расчету по п. 3.

$$P_{\text{окр.}} = 10,1 \text{ lbf/in}^2 = 10,1 \cdot 703,15 \text{ кгс/м}^2 = 10,1 \cdot 6,89 \text{ кПа}.$$

$$P_{\text{окр.}} = 7101,815 \text{ кгс/м}^2 = 69,589 \text{ кПа} = 0,71018 \text{ кгс/см}^2.$$

9. Внешние размеры:

9.1. Длина

$$l = 67,91 \text{ in} = 67,91 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,3048 \left[\text{in} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{in}} \cdot \frac{\text{М}}{\text{ft}} \right] = 67,91 \cdot 0,0254 \text{ м} = 1,7249 \text{ м} \cong 1725 \text{ мм}.$$

9.2. Высота

$$h = 16,1 \text{ in} = 16,1 \cdot 0,0254 = 0,4089 \text{ м} = 408,9 \text{ мм}.$$

9.3. Ширина

$$b = 11,9 \text{ in} = 11,9 \cdot 0,0254 = 0,3023 \text{ м} = 302,3 \text{ мм}.$$

10. Масса

$$m = 135 \text{ lb} = 135 \cdot 0,4536 \left[\text{lb} \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{lb}} \right] = 61,236 \text{ кг}.$$

Технические данные расходомера, переведенные в единицы СИ помогут разработчикам АСУТП сравнить их с физическими параметрами измерения расхода продукта технологического объекта управления, с одной стороны, и техническими данными массовых расходомеров других фирм, с другой стороны.

Вместе с тем, приведенный пример показал достаточную объемность перевода некоторых производных единиц из одной системы в другую.

Перевод размерностей физических величин из одной системы единиц измерения или внесистемных единиц в иную систему (в частности в СИ) по изложенному алгоритму относительно трудосмок, кропотлив, не исключает ошибок при использовании формул и при алгебраических действиях как с числовыми значениями, так и с размерностями величин.

В нормативной и технической литературе существует много различного вида переводных таблиц, содержащих соотношения между единицами различных систем измерений физических величин. Эти таблицы упрощают процесс перевода единиц и уменьшают вероятность ошибочных действий при переводе.

10.6. ТАБЛИЦЫ СООТНОШЕНИЙ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В «Методическом пособии» приведены таблицы соотношения между единицами измерения разных систем (в основном английской — британской и СИ) по разделам физики:

- пространство и время;
- механика;
- теплота;
- электричество и магнетизм;
- световые явления.

Таблицы представлены в четырех видах:

1. Таблица «Единица-единица»;
2. Таблица «Строка единиц»;
3. Таблица «Строки-графы» (таблица «соревнований»);
4. Таблица «единиц с переводными коэффициентами».

1. Таблица «единица-единица».

Конверсия некоторых единиц СИ в единицы англо-американских мер и обратно приведены в таблице 10.Т8.

В данной таблице сравнивается отдельная единица СИ с отдельной единицей английской системы мер или внесистемной единицей и наоборот, отдельная единица английской системы или внесистемная единица сравнивается с отдельной единицей СИ.

Сравнение производится путем применения коэффициента пересчета числового значения единицы.

2. Таблица «строка единиц» 10. Т9 .

В таблице последовательно сравниваются размеры физической величины в СИ с различными единицами измерения.

Примеры:

1 км = 0,621372 англ. мили = 1093,61 ярда = 3280,82 фута = 39370,1 дюйма;
 давление 1 кгс/см² = 1 ат = 104 кгс/м² = 10⁻² кгс/мм² = 9,807 · 10⁴ н/м² = 0,9807 бар =
 = 0,9807 кПа = 2048,2 англ. фунт/кв. фут = 14,223 англ. фунт/кв. дюйм = 10 м вод. ст. =
 = 735,56 мм рт. ст. = 32,81 фут вод. ст.

3. Таблица «строки-графы» 10.Т10.

Это наиболее представительная таблица, т. к. в ней присутствуют все соотношения ряда единиц физической величины между собой. Число сравниваемых единиц ограничено размерами таблицы, т. е. числом строк и граф в таблице для данной физической величины.

В верхней части таблицы указаны наименования различных систем и внесистемных единиц. Ниже расположены строки с числовыми значениями размеров сравнимых единиц. Каждая строка соответствует отношению ряда единиц физической величины к одной из единиц, отмеченной в строке числом «1» в соответствующей вертикальной графе. Число строк и их порядок сверху вниз соответствует числу и порядку граф слева направо. Число в прямоугольнике (клетке) пересечения строки X_1 с графой X_2 отвечает на вопрос: «сколько единиц X_2 (единиц графы X_2) содержит «1» строки X_1 ».

Пример:

1. Известно, что баррель нефтяной американский (X_1) соответствует объему в литрах (X_2); но какому объему?

В таблице 10. Т10.3.1 находим наименование «баррель нефтяной американский», в графе с этим наименованием находим клетку пересечения со строкой, в которой числовое значение равно 1. Клетки этой строки X_1 определяют число единиц, наименование которых указано в верхней части соответствующих граф. В клетке пересечения строки X_1 с графой «литр» (X_2) определено число 158,98. Таким образом, 1 баррель нефтяной американский соответствует 158,98 литрам (округленно 159 л).

2. Скольким метрам равен 1 фут – единица британской системы мер?

По таблице 10.Т10.3 находим графы «фут» (X_1) и «метр» (X_2). В графе X_1 («фут») находим строку, соответствующую «1» (одному футу). В месте пересечения этой строки с графой X_2 (метр) указано числовое значение 0,3048. Таким образом, 1 фут соответствует 0,3048 метра. Теперь наоборот – «метр» (X_1) и «фут» (X_2); тогда по графе X_1 определяем строку и затем пересечение с графой X_2 с числом 3,2808. Это означает, что 1 метру соответствуют 3,2808 фута.

4. Таблица «единиц с переводными коэффициентами» 10.Т11.

Таблица представляет собой линейное изображение размеров единиц измерения одной физической величины в разных системах единиц и внесистемных единицах, расположенных слева направо по возрастанию числовых значений величины в единицах СИ. При этом между различными единицами указан переводной коэффициент, связывающий смежные единицы между собой; числовое значение меньшей единицы в единицах СИ переводится в числовое значение большей единицы путем умножения числового значения меньшей величины на переводной множитель. Наоборот, большее числовое значение путем деления на переводной коэффициент переводится в меньшее по размеру числовое значение. Таблица удобна тем, что непосредственно указывает во сколько раз одна единица больше/меньше другой единицы. Кроме того, из таблицы видна числовая связь единиц одной системы между собой, а также размерная числовая связь с единицами другой системы или внесистемными единицами.

Пример 1 таблицы 10.Т11.

1 фут = 0,3048 метра. Умножив это число на коэффициент 6,08 получаем размер морской сажени 1,8532 метра, которая в 100 раз меньше кабельтова (185,32 м), а последний составляет 1/10 английской морской мили (1853,2 метра) или 1/30 морской лиги (5559,8 метра).

Пример 2 таблицы 10. Т11.

Из таблицы «меры давления» видна количественная (в паскалях) и относительная связь между единицами: кгс/м², кгс/см², бар, атмосфера, кгс/мм²: коэффициенты в указанном порядке составляют 104; 1,0197; 1,10133; 96,7793. в килопаскалях указанные единицы составляют $9,80765 \cdot 10^{-4}$; 98,0665; 100; 101,33; 9806,65. В практическом применении мер давления четко видны соотношения между близкими по величине единицами — кгс/см², бар, атмосфера.

Пример 3 таблицы 10. Т11.

По таблице 10.Т11 переводим числовую величину км/ч в м/с — 0,2778. По линии коэффициента 1,609 переходим к единице «англ. миля/ч» и далее через коэффициент 1,1516 к единице «узел» («морская миля/час»). Перемножая коэффициенты пересчета $1,609 \times 1,1516$ получаем коэффициент пересчета единиц км/час в узел, равный 1,853, т. е. единица скорости «узел» больше единицы км/ч в 1,853 раза. В производной единице СИ — 1 узел равен 0,5148 м/с, что в свою очередь (по таблице) меньше английской единицы «ярд/с» в 1,755 раза, но больше единицы «фут/с» в 1,68 раза.

Каждый вид таблиц имеет свои достоинства и недостатки.

Таблица «единица-единица» и таблица «строки-графы» позволяют определить соотношения двух единиц различных систем, причем первая таблица определяет только соотношения с единицами СИ, а вторая — между всеми единицами, указанными в таблице. Таблица «строка единиц» составлена для выражения единицы СИ в единицах других систем. Этот вид таблицы по существу объединяет в одной строке несколько строк таблицы «единица-единица».

В таблице «единиц с переводными коэффициентами» различные единицы выражены через единицу СИ с переводными коэффициентами, которые наглядно показывают арифметическое соотношение между смежными (иногда между отдаленными друг от друга) единицами различных систем.

Таблица «строка единиц» удобна при переводе единиц СИ в другие единицы; таблица «единиц с переводными коэффициентами» переводит различные единицы физической величины в единицу СИ.

10.7. ЕДИНИЦЫ ВЯЗКОСТИ

Особо остановимся на физических величинах, характеризующих вязкость жидкого или газообразного вещества.

Различают два вида вязкости: динамическая и кинематическая вязкость.

Динамическая вязкость (абсолютная вязкость, коэффициент вязкости, коэффициент внутреннего трения) — отношение напряжения сдвига к изменению скорости среды на единицу длины нормали (перпендикуляра) по направлению движения среды, т. е. отношение касательного напряжения к градиенту скорости среды.

Динамическая вязкость обозначается знаком « η » и имеет единицу «паскаль-секунда» — Па·с и размерность $\dim \eta = L^{-1}MT^{-1}$ (кг/(м·с)).

Наряду с производной величиной Па·с на практике применяются единицы внесистемные — пуаз (П) и сантипуаз (сП).

Пуаз соотносится с единицей СИ следующим образом: $1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П}$; $1 \text{ П} = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Соотношение приведено в таблице 10.Т10.11.

Кинематическая вязкость — величина, равная отношению динамической вязкости η среды (жидкости или газа) к ее плотности ρ , т. е. $\nu = \eta/\rho$.

Размерность кинематической вязкости $\dim \nu = L^2T^{-1}$ (m^2/c) и имеет единицу СИ – m^2/c ;

Применяют в практических расчетах внесистемные единицы: стокс (Ст), сантистокс (сСт), градус условной вязкости ($^{\circ}ВУ$), градус Энглера ($^{\circ}Е$) и др.

Перевод градусов условной вязкости ($^{\circ}ВУ$) в единицы кинематической вязкости (ν , Ст) выполняется по таблице ГОСТ 33-53, а для вязкости $\nu > 1,2$, Ст или $ВУ > 16,2^{\circ}$ по формулам $ВУ = 13,5\nu$; $\nu = 0,074ВУ$ (ν – в стоксах).

Соотношение между различными единицами кинематической вязкости приведено в таблицах 10.Т10.12 и 10.Т12 и на схеме 10.Сх1. Обращаем внимание, что переводные коэффициенты по различным техническим источникам не всегда совпадают.

Пересчет динамической вязкости в кинематическую вязкость при известной плотности среды производится с использованием номограммы 10.Сх2. Номограмма построена на зависимости $\nu = \eta/\rho$. Справа расположена шкала для перевода единицы – m^2/c в $^{\circ}Е = ^{\circ}ВУ$. Для заданного вещества находят точку пересечения значений динамического коэффициента вязкости η (левая вертикаль) в $мПа \cdot с$ (микродинамик-секунда) и плотности ρ (ось абсцисс – снизу номограммы) в $кг/м^3$. Из полученной точки пересечения проводится прямая, параллельная наклонным линиям, до пересечения со шкалой кинематической вязкости ν (правая вертикаль) в $m^2/c \cdot 10^6$ (сСт). Возможен обратный пересчет кинематической вязкости в коэффициент динамической вязкости.

Динамическая и кинематическая вязкости зависят от параметров состояния среды. При этом динамическая вязкость жидкостей и газов зависит только от температуры и не зависит от давления (для совершенных газов). С повышением температуры вязкость газов и паров повышается, а капельных жидкостей понижается. Для водяного пара наблюдается увеличение динамической вязкости с повышением давления.

Кинематическая вязкость жидкостей и газов зависит как от температуры, так и от давления.

Пример зависимости кинематической вязкости различных нефтепродуктов от температуры приведен на схеме 10.Сх3.

10.8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЕННЫХ В ДАННОЙ ГЛАВЕ

Термины	Раздел
Внесистемные единицы.....	10.3
Внесистемная единица физических величин	10.1
Внесистемные относительные единицы	10.3
Дольная единица.....	10.3
Единица измерения физической величины	10.1
Единица физических величин.....	10.3
Значение физической величины	10.1
Кратная единица	10.3
Коэффициент обратного пересчета	10.3
Коэффициент пересчета.....	10.3
Логарифмическая величина	10.3

Определяющее уравнение	10.2
Относительная единица.....	10.3
Основная единица системы физических величин.....	10.1
Основная физическая величина.....	10.1
Приставки и множители для образования единиц.....	10.3
Производная единица системы единиц физических величин.....	10.1
Производные физические величины	10.2
Размер физической величины	10.1
Размерность физической величины.....	10.2
Размерность.....	10.1
Специальные внесистемные единицы	10.3
Система единиц физических величин	10.1
Физическая величина	10.1
Физический параметр.....	10.1
Числовое значение.....	10.1

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

ГОСТ 8.417-2002	Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.
РМГ 29–99	Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения.

Таблица 10.Т1

Греческий алфавит

Греческое написание		Прочтение	Греческое написание		Прочтение
Заглавные	Строчные	Русское	Заглавные	Строчные	Русское
Α	α	альфа	Ν	ν	ню
Β	β	бета	Ξ	ξ	кси
Γ	γ	гамма	Ο	ο	омикрон
Δ	δ	дельта	Π	π	пи
Ε	ε	эпсилон	Ρ	ρ	ро
Ζ	ζ	зета	Σ	ς	сигма
Η	η	эта	Τ	τ	тау
Θ	θ	тета	Υ	υ	ипсилон (игрек)
Ι	ι	йота	Φ	φ	фи
Κ	κ	каппа	Χ	χ	хи (икс)
Λ	λ	лямда	Ψ	ψ	пси
Μ	μ	мю	Ω	ω	омега

Таблица 10.Т2

Приставки и множители

Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки		Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^{24}	иотта	Υ	И	10^{-1}	деци	d	л
10^{21}	зетта	Z	З	10^{-2}	санتي	c	с
10^{18}	экса	E	Э	10^{-3}	милли	m	м
10^{15}	пета	P	П	10^{-6}	микро	μ	мк
10^{12}	тера	T	Т	10^{-9}	нано	n	н
10^9	гига	G	Г	10^{-12}	пико	p	п
10^6	мега	M	М	10^{-15}	фемто	f	ф
10^3	кило	k	к	10^{-18}	атто	a	а
10^2	гекто	h	г	10^{-21}	зепто	z	з
10^1	дека	da	да	10^{-24}	иокто	y	и

Таблица 10.Т3

Основные единицы СИ

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
Длина	L	метр	m	м	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ s [XVII ГКМВ (1983 г.), Резолюция 1]
Масса	M	килограмм	kg	кг	Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма [I ГКМВ (1889 г.) и III ГКМВ (1901 г.)]
Время	T	секунда	s	с	Секунда есть время, равное $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 1]
Электрический ток (сила электрического тока)	I	ампер	A	A	Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 m один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 m силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ N [МКМВ (1946 г.), Резолюция 2, одобренная IX ГКМВ (1948 г.)]
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	K	Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 4]
Количество вещества	N	моль	mol	моль	Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 kg. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц [XIV ГКМВ (1971 г.), Резолюция 3]

Окончание табл. 10.ТЗ

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
Сила света	лм	кандела	cd	кд	Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ W/sr [XVI ГКМВ (1979 г.), Резолюция 3]

Примечания:

1. Кроме термодинамической температуры (обозначение T), допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К. Термодинамическую температуру выражают в кельвинах, температуру по Цельсиях – в градусах Цельсия. По размеру градус Цельсия равен кельвину. Градус Цельсия – это специальное наименование, используемое в данном случае вместо наименования «кельвин».

2. Интервал или разность термодинамических температур выражают в кельвинах. Интервал или разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

3. Обозначение Международной практической температуры в Международной температурной шкале 1990 г. если ее необходимо отличить от термодинамической температуры, образуют путем добавления к обозначению термодинамической температуры индекса «90» (например, T_{90} или t_{90}) [3].

Таблица 10.Т4

Некоторые производные единицы СИ

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через единицы СИ
			международное	русское	
Плоский угол	1	радиан	rad	рад	$m \cdot m^{-1} = 1$
Телесный угол	1	стерадиан	sr	ср	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц	s^{-1}
Сила	$LM T^{-2}$	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Момент силы	$L^2 M T^{-2}$	ньютон-метр	N·m	Н·м	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Динамическая вязкость	$L^{-1} M T^{-1}$	паскаль-секунда	Pa·s	Па·с	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
Поверхностное натяжение	$M T^{-2}$	ньютон на метр	N/m	Н/м	$kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Температура Цельсия	Θ	градус Цельсия	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	K
Удельная энергия	$L^2 T^{-2}$	джоуль на килограмм	J/kg	Дж/кг	$m^2 \cdot s^{-2}$
Поверхностная плотность потока энергии		ватт на квадратный метр	W/m^2	$В/м^2$	$kg \cdot s^{-3}$
Теплопроводность	$LM T^{-3} \Theta^{-1}$	ватт на метр кельвин	$W/(m \cdot K)$	$Вт/(м \cdot К)$	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
Теплоемкость системы, энтропия системы	$L^2 M T^{-2} \Theta^{-1}$	джоуль на кельвин	J/K	Дж/К	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Удельная теплоемкость, удельная энтропия	$L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$	джоуль на килограмм-кельвин	$J/(kg \cdot K)$	$Дж/(кг \cdot К)$	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Электрический заряд, количество электричества	T	кулон	C	Кл	$s \cdot A$
Пространственная плотность электрического заряда	$L^{-3} T$	кулон на кубический метр	C/m^3	$Кл/м^3$	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
Напряженность электрического поля	$LM T^{-3} I^{-1}$	вольт на метр	V/m	В/м	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

Окончание табл. 10.Т4

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через единицы СИ
			международное	русское	
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическое смещение	$L^{-2}TI$	кулон на квадратный метр	C/m ²	Кл/м ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	Ом	Ω	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Диэлектрическая проницаемость	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	фарад на метр	F/m	Ф/м	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Wb	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	MT^2I^{-1}	тесла	T	Тл	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^2I^{-2}$	генри	H	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Магнитная проницаемость	$LMT^{-2}I^{-2}$	генри на метр	H/m	Гн/м	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Сила излучения	L^2MT^{-3}	ватт на стерадиан	W/sr	Вт/ср	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot sr^{-1}$
Энергетическая яркость	MT^{-3}	ватт на стерадиан-квадратный метр	W/(sr · m ²)	Вт/(ср · м ²)	$kg \cdot s^{-3} \cdot sr^{-1}$
Световой поток	J	люмен	Im	лм	cd · sr
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	Ix	лк	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$

Таблица 10.Т5

Внесистемные единицы

Величина		Единица			
Наименование	Область применения	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
			международное	русское	
Длина	Д	астрономическая единица	ua	а.е.	$1,49598 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Длина	В	морская миля	n milc	миля	1852 m
	Д	световой год парсек	ly pc	св. год пк	$9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m}$ $3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
Площадь	Д	гектар	ha	га	$1 \cdot 10^4 \text{ m}^2$
Объем, вместимость	Д	литр	l	л	$1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Скорость	В	узел	kn	уз	$0,514(4) \text{ m/s}$
Ускорение	В	гал	Gal	Гал	$0,01 \text{ m/s}^2$
Время	Д	минута	min	мин	60 s
		час	h	ч	360 s
		сутки	d	сут	86 400 s
Плоский угол	Д	градус	...°	...°	$(\pi/180) \text{ rad}$
		минута	...'	...'	$(\pi/10800) \text{ rad}$
		секунда	...''	...''	$(\pi/648000) \text{ rad}$
Частота вращения	В	об. в секунду,	r/s	об/с	1 s^{-1}
		об. в минуту	r/min	об/мин	$1/60 \text{ s}^{-1}$
Масса	Д	атомная единица	u	а.с.м.	$1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Масса	В	карат		кар	$2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$
Линейная плотность	В	текс	tex	текс	$1 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}$
Давление	В	бар	bar	бар	$1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Электрический заряд, количество электричества	Д	ампер-час	A·h	А·ч	$3,6 \cdot 10^3 \text{ C}$
Полная мощность	Д	вольт-ампер	V·A	В·А	
Реактивная мощность	Д	вар	var	вар	
Энергия	В	электрон-вольт	eV	эВ	$1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (приблизительно)
	В	киловатт-час	kW·h	кВт·ч	$3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
Количество информации	И	бит	bit	бит	1
		байт	B (byte)	Б (байт)	1 Б = 8 бит

Примечания:

1. Буквы в графе «область применения» обозначают:

Д — внесистемные единицы, **допустимые** к применению **наравне** с единицами СИ;

В — внесистемные единицы, **временно допустимые** к применению;

И — единица количества информации.

2. В соответствии с международным стандартом МЭК 60027-2 единицы «бит» и «байт» применяют с приставками СИ (таблица 10.Т2).

3. Исторически сложилась такая ситуация, что с наименованием «байт» некорректно (вместо $1000 = 10^3$ принято $1024 = 2^{10}$) использовали (и используют) приставки СИ:

$$1 \text{ Кбайт} = 1024 \text{ байт,}$$

$$1 \text{ Мбайт} = 1024 \text{ Кбайт,}$$

$$1 \text{ Гбайт} = 1024 \text{ Мбайт}$$

и т. д. при этом обозначение «Кбайт» начинают с прописной буквы в отличие от строчной буквы «к» для обозначения множителя 10^3 .

Таблица 10.Т6

Некоторые относительные и логарифмические величины и их единицы

Наименование величины	Единица			Значение
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
1	2	3	4	5
1. Относительная величина (безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): КПД; относительное удлинение; относительная плотность; деформация; относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости; магнитная восприимчивость; массовая доля компонента; молярная доля компонента и т. п.	единица	1	1	1
	процент	%	%	$1 \cdot 10^{-2}$
	промилле	‰	‰	$1 \cdot 10^{-3}$
	миллионная доля	ppm	млн ⁻¹	$1 \cdot 10^{-6}$
2. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень звукового давления; усиление, ослабление и т. п. ²⁾	бел ¹⁾	В	Б	$1 \text{ В} = \lg (P_2/P_1)$ при $P_2 = 10P_1$ $1 \text{ В} = 2 \lg (F_2/F_1)$ при $F_2 = \sqrt{10}F_1$, где P_1, P_2 — одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т. п.); F_1, F_2 — одноименные «силовые» величины (напряжение, сила тока, напряженность поля и т. п.)
	децибел	дВ	дБ	0,1 В
3. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень громкости	фон	phon	фон	1 phon равен уровню громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Hz равен 1 дВ
4. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): частотный интервал	октава	—	окт	1 октава равна $\log_2 (f_2/f_1)$ при $f_2/f_1 = 2$;
	декада	—	дск	1 декада равна $\lg (f_2/f_1)$ при $f_2/f_1 = 10$, где f_1, f_2 — частоты

Окончание табл. 10.Т6

1	2	3	4	5
5. Логарифмическая величина (натуральный логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную)	непер	Нр	Нп	1 Нр = 0,8686 ... В = 8,686 ... дВ

Примечания:

1. При выражении в логарифмических единицах разности уровней мощностей или амплитуд двух сигналов всегда существует квадратичная связь между отношением мощностей и соответствующим ему отношением амплитуд колебаний, поскольку параметры сигналов определяют для одной и той же нагрузки Z , т. е.

$$\frac{F_2^2}{Z} / \frac{F_1^2}{Z} = F_2^2 / F_1^2 = P_2 P_1.$$

В теории автоматического регулирования часто определяют логарифм отношения $F_{\text{вых}}/F_{\text{вх}}$. В этом случае между отношением мощностей и отношением соответствующих напряжений нет квадратичной зависимости. Вместе с тем по ранее сложившейся практике применения логарифмических единиц, несмотря на отсутствие квадратичной связи между отношением мощностей и соответствующим ему отношением амплитуд колебаний, и в этом случае принято единицу «бел» определять следующим образом:

$$1 \text{ В} = \lg (P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}}) \text{ при } P_{\text{вых}} = 10 P_{\text{вх}},$$

$$1 \text{ В} = 2 \lg (F_{\text{вых}}/F_{\text{вх}}) \text{ при } F_{\text{вых}} = \sqrt{10} F_{\text{вх}}.$$

Задача установления связи между напряжениями и мощностями, если ее ставят, решается путем анализа электрических или других цепей.

2. В соответствии с международным стандартом МЭК 27-3 при необходимости указать исходную величину; ее значение помещают в скобках за обозначением логарифмической величины, например для уровня звукового давления: L_p (ре 20 μPa) = 20 дВ; L_p (исх. 20 мкПа) = 20 дБ (ре – начальные буквы слова reference, т. е. исходный). При краткой форме записи значение исходной величины указывают в скобках за значением уровня, например 20 дВ (ре 20 μPa) или 20 дБ (исх. 20 мкПа) [6].

Таблица 10.Т7

Отношение между размерностями величин СИ

Единицы СИ пространства						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	l	l/T	l/T ²	l/M	l·T/M	l/L ²
l	Длина	Скорость	Ускорение	—	—	Волновое число; коэффициент ослабления, распространения
	$l^* = L$	$v = L/T$	$a = L/T^2$			$v = 1/L; \mu = 1/L$
	м, m	м/с, m/s	м/с ² , m/s ²			м ⁻¹ , m ⁻¹
L	Площадь	Кинема- тическая вязкость	Удельная: энергия, рабо- та, жесткость, прочность	—	Объемная проницае- мость (воз- дух, пар, газ)	—
	$S = L^2$	$\nu = L^2/T$	$q = L^2/T^2$		$\delta = L^2 T/M$	
	м ² , m ²	м ² /с, m ² /s	Дж/кг		м ² /(с - Па)	
L ³	Объем, вмести- мость	Объемный расход	—	Удельный объем	—	—
	$V = L^3$	$Q = L^3/T$		$v = L^3/M$		
	м ³ , m ³	м ³ /с, m ³ /s		м ³ /кг, m ³ /kg		

Единицы СИ времени и механических величин

Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	l	l/T	l/T ²	l/T ³		
l	Время	Частота периодичес- кого процесса	Градиент ускорения	—	—	—
	$t = T$	$\nu = 1/T$	$= 1/T^2$			
	с, s	Гц, Hz (герц)	с ⁻² , s ⁻²			
L	—	Импульс: количество движения, силы	Сила, сила тяжес- ти; вес	—	—	—
	LM	$p = LM/T$	$F = LM/T^2$			
	—	кг·м/с, kg·m/s, Н·с, N·s	Н, N (ньютон)			
L ²	Динамиче- ский момент инерции	Момент: импульса, количество движения	Момент силы; энергия; работа	Мощность	—	—
	$J = L^2 M$	$L = L^2 M/T$	$M, U, A = L^2 M/T^2$	$N = L^2 M/T^3$		
	кг·м ² , kg·m ²	кг·м ² /с, kg·m ² /s	Н·м, N·m (ньютон-метр); Дж, J (джоуль)	Вт, W Дж/с, J/s		

Продолжение табл. 10.Т7

Единицы СИ времени и механических величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	1	1/T	1/T ²	1/T ³		
1	Масса	Массовый расход	Поверхностное натяжение	—	—	—
	$m = M$	$Q_m = M/T$	$a = M/T^2$			
	кг, kg	кг/с, kg/s	Н/м, N/m (ньютон на метр)			
1/L	Линейная плотность	Динамическая вязкость	Напряжение; давление; модуль: упругости, объем- ного сжатия, сдвига	—	—	—
	$\rho_L = M/L$	$\eta = M/LT$	$KEG\delta p = M/LT^2$			
	кг/м, kg/m	Па·с, Pa·s (паскаль-сек.)	Па, Pa (паскаль)			
1/L ²	Поверхност- ная плот- ность	Массовая скорость	Градиент напря- жения, давления; удельный вес, удель- ная сила тяжести	—	—	—
	$\rho_s = M/L^2$	$v_w = M/L^2T$	$\gamma = M/L^2T^2$			
	кг/м ² , kg/m ²	кг/(с·м ²), kg/(s·m ²)	Па/м (паскаль на метр); Н/м ³ (нью- тон на куб. метр)			
1/L ³	Плотность	—	—	—	—	—
	$\rho = M/L^3$					
	кг/м ³ , kg/m ³					

Единицы СИ тепловых величин								
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц							
	1	1/T	1/L ² T	1/L ² T Θ	1/LT Θ	1/ Θ	1/M Θ	1/M
1	Теплота	Тепло- вой поток	Поверх- ностная плотность теплого потока	Коэффи- циент теп- лопереда- чи, тепло- обмена	Коэф- фициент тепло- провод- ности	Тепло- емкость, энтропия	Удельная тепло- емкость, удельная энтропия	Удель- ное ко- личест- во теп- лоты
	$Q = L^2M/T^2$	$\Phi = L^2M/T^3$	$q = M/T^3$	$\kappa = M/T^3\Theta$, $a = M/T^3\Theta$	$\lambda = LM/T^3\Theta$	$C = L^2M/T^2\Theta$, $Q = L^2M/T^2\Theta$	$c = L^2/T^2\Theta$, $s = L^2/T^2\Theta$	$q = L^2/T^2$
	Дж, J (джоуль)	Вт, W (ватт)	Вт/м ² , W/m ² (ватт на кв. метр)	Вт/(м ² ·К), W/(m ² ·K) (ватт на кв. метр- кельвин)	Вт/(м·К), W/(m·K) (ватт на метр- кельвин)	Дж/К, J/K (джоуль на кель- вин)	Дж/кг·К, J/kg·K (джоуль на кило- грамм- кельвин)	Дж/кг, J/kg (джоуль на кило- грамм)

Продолжение табл. 10.Т7

Единицы СИ электрических и магнитных величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	1	1/L	1/L ²	1/L ³	L	L ²
Т	Количество электричества. Поток электрического смещения	Линейная плотность электрического заряда	Поверхностная плотность электрического заряда. Электрическое смещение	Пространственная плотность электрического заряда	Электрический момент диполя	—
	$Q, \Psi = \Pi$	$\tau = \Pi/L$	$\delta, D = \Pi/L^2$	$\rho = \Pi/L^3$	$p = L\Pi$	
	Кл, С (кулон)	Кл/м, С/м (кулон на метр)	Кл/м ² , С/м ² (кулон на кв. метр)	Кл/м ³ , С/м ³ (кулон на куб. метр)	Кл·м, С·м (кулон-метр)	
I	Сила электрического тока	Линейная плотность электрического тока. * Намагниченность. * Напряженность магнитного поля	Плотность электрического тока	—	—	* Магнитный момент электрического тока
	$I = I$	$A, J, H = I/L$	$J = I/L^2$			$p_m = L^2 I$
	А, А (ампер)	А/м, А/м (ампер на метр)	А/м ² , А/м ² (ампер на кв. метр)			А·м ² , А·м ² (ампер-кв. метр)

Единицы СИ электрических и магнитных величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	1	L	1/L	1/T	T	T/L
l	Электрическое сопротивление	Удельное электрическое сопротивление	—	—	* Индуктивность	—
	$r = L^2 M / T^3 I^2$	$\rho = L^3 M / T^3 I^2$			$L = L^2 M / T^2 I^2$	
	Ом, Ω (Ом)	Ом·м, Ω·м (Ом-метр)			Гн, Н (генри)	
	Электрическая проводимость	—	Удельная электрическая проводимость	* Магнитное сопротивление	Электрическая емкость	Абсолютная диэлектрическая проницаемость
	$q = T^3 I^2 / L^2 M$		$\delta = T^3 I^2 / L^3 M$	$r_m = T^2 I^2 / L^2 M$	$C = T^4 I^2 / L^2 M$	$\epsilon_a = T^4 I^2 / L^3 M$

Продолжение табл. 10.Т7

Единицы СИ электрических и магнитных величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	I	L	I/L	I/T	T	T/L
	См, S (сименс)		См/м, S/m (сименс на метр)	Гн ⁻¹ , Н ⁻¹ (генри в ми- нус первой степени)	Ф, F (фарада)	Ф/м, F/m (фарада на метр)

Единицы СИ электрических и магнитных величин								
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц							
	I	I	I/T	I/T	I/LT	I/LI	I/I	I/L ²
I	* Маг- нитный поток	** Рабо- та, элек- тро-маг- нитная энергия	** Мош- ность	Элект- рическое напря- жение	Напря- женность электри- ческого поля	* Абсолют- ная маг- нитная проницае- мость	* Маг- нитная прово- димость	* Маг- нитная индук- ция
	$\Phi =$ L^2M/T^2I	$A =$ L^2M/T^2	$N =$ L^2M/T^3	$U =$ L^2M/T^3I	$E =$ LM/T^3I	$\mu_a =$ LM/T^2I^2	$q_m =$ L^2M/T^2I^2	$B =$ M/T^2I
	Вб, Wb (вебер)	Дж, J (джоуль)	Вт, W (ватт)	В, V (вольт)	В/м, V/m (вольт на метр)	Гн/м, Н/м (генри на метр)	Гн, Н (генри)	Тл, T (тесла)

Единицы СИ световых величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	I	I/T	I/L ² T	I/L ²	T/L ²	T
I	Энергия излучения	Поток излу- чения. Сила излучения	Энергетичес- кая светимость. Облученность. Энергетическая яркость	—	—	—
	$W = L^2M/T^2$	$\Phi_e, I_e =$ L^2M/T^3	$M_e, E_e, B_e = M/T^3$			
	Дж, J (джоуль)	Вт, W (ватт). Вт/ср, W/sr (ватт на сте- радиан)	Вт/м ² , W/m ² (ватт на кв. метр), Вт/(ср·м ²), W/(sr·m ²) (ватт на стера- диан-кв. метр)			

Окончание табл. 10.Т7

Единицы СИ световых величин						
Мно- жи- тель	Наименование, размерность величин и обозначение единиц					
	I	I/T	I/L ² T	I/L ²	T/L ²	T
	Сила света	—	—	Яркость	—	—
	I = J			$B = J/L^2$		
	кд, cd (кандела)			кд/м ² , cd/m ² (кандела на кв. метр)		
	Световой поток	—	—	Освещен- ность. Светимость	Световая экспози- ция	Световая энергия
	$\Phi_v = J$			$E, R = J/L^2$	$H = TJ/L^2$	$Q = TJ$
	лм, lm (люмен)			лк, lx (люкс), лм/м ² , lm/m ² (люмен на кв. метр)	лк·с, lx·s (люкс- секунда)	лм·с, lm·s (люмен- секунда)
	* Магнитная величина					
	** Физическая величина					

Примечание. В затемненных прямоугольниках приведены основные единицы СИ — ■

Таблица 10.Т8

**Соотношение некоторых единиц СИ
с единицами других систем и внесистемными единицами**
Таблица вида «единица-единица»

1. Длина

1 м = 39,3701 дюйм	1 дюйм = 0,0254 м
1 м = $6,21 \times 10^{-4}$ миля	1 миля = 1609,3 м
1 м = $5,41 \times 10^{-4}$ морс. миля	1 морс. миля = 1852 м
1 м = 1,09 ярд	1 ярд = 0,9144 м
1 м = 3,2808 фут	1 фут = 0,3048 м
1 м = 0,54 фатом	1 фатом = 1,828798 м
1 м = 0,305 чайн	1 чайн = 20,1168 м
1 м = $5,41 \times 10^{-3}$ кабельтов	1 кабельтов = 185 м

2. Площадь

1 м ² = 1550 дюйм ²	1 дюйм ² = $6,452 \times 10^{-4}$ м ²
1 м ² = 1,196 ярд ²	1 ярд ² = 0,836 м ²
1 м ² = 10,764 фут ²	1 фут ² = 0,093 м ²
1 м ² = $3,861 \times 10^{-7}$ миля ²	1 миля ² = $2,59 \times 10^6$ м ²
1 м ² = $2,471 \times 10^{-4}$ акр	1 акр = 4050 м ²

3А. Объем жидкостей (вместимость)

1 м ³ = 6,102361 дюйм ³	1 дюйм ³ = 0,163871 м ³
1 м ³ = 0,35314 фут ³	1 фут ³ = 2,83169 м ³
1 м ³ = 1,30796 ярд ³	1 ярд ³ = 0,764555 м ³
1 л = 0,26417 галлон	1 галлон (US) = 3,7854 л
1 л = $6,29 \times 10^{-3}$ баррель	1 баррель = 158,98 л
1 л = $3,5 \times 10^{-2}$ фут ³	1 фут ³ = 28,32 л
1 л = 0,21997 галлон	1 галлон (UK) = 4,54609 л
1 л = 0,613496 дюйм ³	1 дюйм ³ = 1,63 л

3Б. Объем сыпучих веществ

1 м ³ = 227,02 галлон (US)	1 галлон (US) = $4,405 \times 10^{-3}$ м ³
1 м ³ = 28,37 бушель (US)	1 бушель (US) = $3,5239 \times 10^{-2}$ м ³
1 м ³ = 8,64 баррель (US)	1 баррель (US) = 0,115628 м ³

4. Время

1 с = 1/60 мин	1 мин = 60 с
1 с = 1/3600 ч	1 ч = 3600 с
1 с = 1/86400 сут	1 сут = 86400 с
1 с = 1/60484 нед	1 нед = 60484 с
1 с = $3,17 \cdot 10^{-8}$ г	1 г = $3,16 \cdot 10^7$ с

5. Скорость линейная

1 м/с = 11812 фут/ч	1 фут/ч = 0,30481 м/с
1 м/с = 196,86 фут/мин	1 фут/мин = $5,07 \times 10^{-3}$ м/с

$$1 \text{ м/с} = 2,2369 \text{ миля/ч}$$

$$1 \text{ м/с} = 39,4 \text{ дюйм/с}$$

$$1 \text{ м/с} = 140 \text{ узел}$$

$$1 \text{ миля/ч} = 0,47704 \text{ м/с}$$

$$1 \text{ дюйм/с} = 25,4 \times 10^{-3} \text{ м/с}$$

$$1 \text{ узел} = 0,515 \text{ м/с}$$

6А. Угол плоский

$$1 \text{ рад} = 57^{\circ}3''$$

$$1 \text{ рад} = 3,44 \cdot 10^{3''}$$

$$1 \text{ рад} = 2,06 \cdot 10^{5''}$$

$$1 \text{ рад} = 63,7 \text{ гон}$$

$$1 \text{ рад} = 0,637 \text{ L}$$

$$1^{\circ} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$$

$$1' = 2,91 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$$

$$1'' = 4,85 \cdot 10^{-6} \text{ рад}$$

$$1 \text{ гон} = 1,57 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$$

$$1 \text{ об (полный угол)} = 2\pi \text{ рад}$$

$$\text{L} = 1,57 \text{ рад}$$

6Б. Угол телесный

$$1 \text{ ср} = 3,28 \cdot 10^3 (\square^{\circ})$$

$$1 \text{ ср} = 1/(4\pi) \text{ полного телесного}$$

$$\text{угла} = 7,95 \text{ полного телесного угла}$$

$$1 \text{ градус в квадрате} (\square^{\circ}) = 3,05 \cdot 10^{-4} \text{ ср}$$

$$1 \text{ полный телесный угол} = 4\pi \text{ ср} =$$

$$= 12,6 \text{ ср}$$

7. Масса

$$1 \text{ кг} = 6,85 \times 10^{-2} \text{ слаг}$$

$$1 \text{ кг} = 1,96 \times 10^{-2} \text{ хандредвейт}$$

$$1 \text{ кг} = 2,2 \times 10^{-2} \text{ центал}$$

$$1 \text{ кг} = 1,102 \times 10^{-3} \text{ тонна короткая}$$

$$1 \text{ кг} = 9,842 \times 10^{-4} \text{ тонна длинная}$$

$$1 \text{ кг} = 5 \times 10^3 \text{ карат}$$

$$1 \text{ кг} = 2,20 \text{ фунт}$$

$$1 \text{ кг} = 15,4321 \text{ гран}$$

$$1 \text{ кг} = 35,2734 \text{ унция}$$

$$1 \text{ кг} = 564,9718 \text{ драхма}$$

$$1 \text{ слаг} = 14,6 \text{ кг}$$

$$1 \text{ хандредвейт} = 50,8 \text{ кг}$$

$$1 \text{ центал} = 45,3592 \text{ кг}$$

$$1 \text{ тонна короткая} = 907,18 \text{ кг}$$

$$1 \text{ тонна длинная} = 1016 \text{ кг}$$

$$1 \text{ карат} = 2 \times 10^{-4} \text{ кг}$$

$$1 \text{ фунт} = 0,453592 \text{ кг}$$

$$1 \text{ гран} = 0,0648 \text{ кг}$$

$$1 \text{ унция} = 2,835 \times 10^{-2} \text{ кг}$$

$$1 \text{ драхма} = 1,77 \times 10^{-3} \text{ кг}$$

8. Плотность

$$1 \text{ кг/м}^3 = 0,001 \text{ т/м}^3$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 0,001 \text{ кг/дм}^3 (\sim \text{кг/л})$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 0,001 \text{ г/см}^3$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 626,4 \cdot 10^{-3} \text{ англ. фунт/куб. фут}$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 36,13 \cdot 10^{-6} \text{ англ. фунт/куб. дюйм}$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 8,333 \cdot 10^{-3} \text{ англ. фунт/амер. галлон}$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = 0,999 \text{ унц/куб. фут}$$

$$1 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ кг/дм}^3 (\sim \text{кг/л}) = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ англ. фунт/куб. фут} = 16,02 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ англ. фунт/куб. дюйм} = 27,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ англ. фунт/амер. галлон} = 120 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ унц/куб. фут} = 1,001 \text{ кг/м}^3$$

9. Расход объемный жидкостей

$$1 \text{ м}^3/\text{с} = 3600 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$1 \text{ м}^3/\text{с} = 35,3 \text{ фут}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ м}^3/\text{с} = 2118,96 \text{ фут}^3/\text{мин}$$

$$1 \text{ м}^3/\text{с} = 1,308 \text{ ярд}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ л/с} = 6,29 \times 10^{-3} \text{ баррель/с}$$

$$1 \text{ л/с} = 357,14 \text{ тонна регистровая/с}$$

$$1 \text{ м}^3/\text{ч} = 278 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ фут}^3/\text{с} = 28,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ фут}^3/\text{мин} = 4,721 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ ярд}^3/\text{с} = 0,765 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$1 \text{ баррель/с} = 159 \text{ л/с}$$

$$1 \text{ тонна регистровая/с} = 2,8317 \text{ м}^3$$

10А. Сила

$1\text{Н} = 10^5 \text{дин}$	$1 \text{дин} = 10^{-5} \text{Н}$
$1\text{Н} = 0,102 \text{кгс}$	$1 \text{кгс} = 9081 \times 10^3 \text{Н}$
$1\text{Н} = 10^{-3} \text{стен}$	$1 \text{стен} = 0,138 \text{Н}$
$1\text{Н} = 0,225 \text{фунт-сила}$	$1 \text{фунт-сила} = 10^3 \text{Н}$
$1\text{Н} = 7,25 \text{паундаль}$	$1 \text{паундаль} = 9,81 \text{Н}$
$1\text{Н} = 1,02 \times 10^{-4} \text{тонна-сила длинная}$	$1 \text{тонна-сила длинная} = 4,45 \text{Н}$

10Б. Момент силы

$1 \text{Н} \cdot \text{м} = 0,102 \text{кгс} \cdot \text{м}$	$1 \text{кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{Н} \cdot \text{м}$
$1 \text{Н} \cdot \text{м} = 10^7 \text{дин} \cdot \text{см}$	$1 \text{кгс} \cdot \text{м} = 10^{-7} \text{Н} \cdot \text{м}$
$1 \text{Н} \cdot \text{м} = 0,736 \text{фунт-сила-фут}$	$1 \text{фунт-сила-фут} = 1,36 \text{Н} \cdot \text{м}$

11. Давление

$1 \text{Pa} = 1,02 \times 10^{-5} \text{ат}$	$1 \text{ат} = 9,81 \times 10^4 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 9,87 \times 10^{-6} \text{атм}$	$1 \text{атм} = 1,01 \times 10^5 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 10^{-3} \text{пьеца}$	$1 \text{пьеца} = 10^3 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 0,102 \text{мм. вод. ст.}$	$1 \text{мм. вод. ст.} = 9,81 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 7,50 \times 10^{-3} \text{мм. рт. ст.}$	$1 \text{мм. рт. ст.} = 133 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 10^{-5} \text{бар}$	$1 \text{бар} = 10^5 \text{Pa}$
$1 \text{Pa} = 1,02 \times 10^{-5} \text{кгс/см}^2$	$1 \text{кгс/см}^2 = 9806,8 \text{Pa}$
$1 \text{мPa} = 1,45 \times 10^{-7} \text{фунт/дюйм}^2$	$1 \text{фунт/дюйм}^2 = 6894,8 \text{Pa}$
$1 \text{бар} = 14,5038 \text{фунтс/дюйм}^2$	$1 \text{фунтс/дюйм}^2 = 0,0689 \text{Pa}$
$1 \text{бар} = 6001,13 \text{фунт/фут}^2$	$1 \text{фунт/фут}^2 = 1,7 \times 10^{-4} \text{Pa}$

12. Динамическая вязкость

$1 \text{Па} \cdot \text{с} = 10 \text{П}$	$1 \text{П} = 0,1 \text{Па} \cdot \text{с}$
$1 \text{Па} \cdot \text{с} = 0,102 \text{кгс} \cdot \text{с/м}^2$	$1 \text{кгс} \cdot \text{с/м}^2 = 9,81 \text{Па} \cdot \text{с}$
$1 \text{Па} \cdot \text{с} = 2,86 \cdot 10^{-5} \text{кгс} \cdot \text{ч/м}^2$	$1 \text{кгс} \cdot \text{ч/м}^2 = 3,5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot \text{с}$

13. Кинематическая вязкость

$1 \text{м}^2/\text{с} = 10^4 \text{Ст}$	$1 \text{Ст} = 10^{-4} \text{м}^2/\text{с}$
$1 \text{м}^2/\text{с} = 3600 \text{м}^2/\text{ч}$	$1 \text{м}^2/\text{ч} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{м}^2/\text{с}$

14. Работа, энергия, количество теплоты

$1 \text{Дж} = 10^7 \text{эрг}$	$1 \text{эрг} = 10^{-7} \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 0,102 \text{кгс} \cdot \text{м}$	$1 \text{кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 0,239 \text{кал}$	$1 \text{кал} = 4,19 \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{Вт} \cdot \text{ч}$	$1 \text{Вт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 9,87 \cdot 10^{-3} \text{л} \cdot \text{атм}$	$1 \text{л} \cdot \text{атм} = 1,01 \cdot 10^2 \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{эВ}$	$1 \text{эВ} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 3,78 \cdot 10^{-7} \text{л.с.} \cdot \text{ч}$	$1 \text{л.с.} \cdot \text{ч} (\text{лошадиная сила} \cdot \text{час}) = 2,65 \cdot 10^6 \text{Дж}$
$1 \text{Дж} = 0,738 \text{фунт-сила-фут}$	$1 \text{фунт-сила-фут} = 1,36 \text{Дж}$

15. Мощность

$1 \text{Вт} = 10^7 \text{эрг/с}$	$1 \text{эрг/с} = 10^{-7} \text{Вт}$
$1 \text{Вт} = 0,102 \text{кгс} \cdot \text{м/с}$	$1 \text{кгс} \cdot \text{м/с} = 9,81 \text{Вт}$
$1 \text{Вт} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{л.с.}$	$1 \text{л.с.} = 736 \text{Вт}$

$$1 \text{ Вт} = 0,862 \text{ ккал/ч}$$

$$1 \text{ Вт} = 0,738 \text{ фут-фунт-сила/с}$$

$$1 \text{ ккал/ч} = 1,16 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ фут-фунт-сила/с} = 1,36 \text{ Вт}$$

16. Температура

Цельсия, °C	Кельвина, °K	Фаренгейта, °F	Ренкина, °Ra	Реомюра, °R
1	1	$9/5 = 1,8$	$9/5 = 1,8$	$4/5 = 0,8$
1	1	$9/5 = 1,8$	$9/5 = 1,8$	$4/5 = 0,8$
$5/9 = 0,556$	$5/9 = 0,556$	1	1	$4/9 = 0,44(4)$
$5/9 = 0,556$	$5/9 = 0,556$	1	1	$4/9 = 0,44(4)$
$5/4 = 1,25$	$5/4 = 1,25$	$9/4 = 2,25$	$9/4 = 2,25$	1

17. Магнитодвижущая сила

$$1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-1} \text{ Гб}$$

$$1 \text{ Гб} = \frac{10}{4\pi} \text{ А}$$

18. Напряженность магнитного поля

$$1 \text{ А} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}$$

$$1 \text{ Э} = \frac{1}{4\pi} 10^3 \text{ А/м}$$

$$1 \text{ А/м} = 10^{-2} \text{ А/см}$$

$$1 \text{ А/см} = 100 \text{ А/м}$$

19. Магнитная индукция

$$1 \text{ Т} = 10^4 \text{ Гс}$$

$$1 \text{ Т} = 10^{-4} \text{ Вб/см}^2$$

$$1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Т}$$

$$1 \text{ Вб/см}^2 = 10^4 \text{ Т}$$

20. Магнитный поток

$$1 \text{ Вб} = 10^8 \text{ Мкс}$$

$$1 \text{ Мкс} = 10^{-8} \text{ Вб}$$

21. Электрическая емкость погонная

$$1 \text{ мкФ/км} = 1,609 \text{ mf/mile}$$

$$1 \text{ mf/mile} = 0,62 \text{ мкФ/км}$$

22А. Электрическое сопротивление погонное

$$1 \text{ Мом/mile} = 1,609 \text{ Мом/км}$$

$$1 \text{ Ом/м} = 0,3049 \text{ Ом/ft}$$

$$1 \text{ Ом/м} = 0,9144 \text{ Ом/ярд}$$

$$1 \text{ Ом/км} = 0,62 \text{ Ом/mile}$$

$$1 \text{ Ом/ft} = 3,28 \text{ Ом/м}$$

$$1 \text{ Ом/ярд} = 1,0936 \text{ Ом/м}$$

22Б. Электрическое сопротивление удельное

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{м} = 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{см} = 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

23. Освещенность

$$1 \text{ лк} = 10^{-4} \text{ фот}$$

$$1 \text{ фот} = 10^4 \text{ лк}$$

24. Яркость

$$1 \text{ кд/м}^2 = 10^{-4} \text{ кд/см}^2$$

$$1 \text{ кд/м}^2 = 9,95 \cdot 10^{-5} \text{ сб}$$

$$1 \text{ кд/м}^2 = 3,13 \cdot 10^{-4} \text{ Лб}$$

$$1 \text{ кд/м}^2 = 3,14 \text{ асб}$$

$$1 \text{ кд/см}^2 = 10^4 \text{ кд/м}^2$$

$$1 \text{ сб} = 1,005 \cdot 10^4 \text{ кд/м}^2$$

$$1 \text{ Лб} = 3,20 \cdot 10^3 \text{ кд/м}^2$$

$$1 \text{ асб} = 0,319 \text{ кд/м}^2$$

Таблица 10. Т9

**Соотношение некоторых единиц СИ
с единицами других систем и внесистемными единицами**

Таблица вида «строка единиц»

1. Длина

1 м = (1 метр)	10 дм = 100 см = 1000 мм = 1,40607 арш = 0,46869 саж = 22,4972 верш = 3,28084 фут = 39,3701 дюйм = 1,09361 ярда.
1 км = (1 километр)	1000 м = 0,937383 врст = 468,690 саж = 0,621371 англ. мили.

2. Площадь

1 м ² = (1 кв. метр)	100 дм ² = 1,97704 арш ² = 0,219672 саж ² = 506,122 верш ² = 10,7639 фут ² = 1550,0 дюйм ² = 1,19599 кв. ярдам.
1 га = (1 гектар)	100 а = 10 000 м ² = 0,915299 десят. = 2196,72 саж ² = 2,47105 ак- рам.
1 км ² = (1 кв. километр)	1 000 000 м ² = 100 га = 0,878687 врст ² = 91,5299 десятины = = 247,105 акрам (англ.) = 0,386102 кв. англ. мили.

3. Объем

1 м ³ = (1 куб. метр (или стер))	1000 дм ³ = 2,77987 арш ³ = 0,102958 саж ³ = 35,3147 фут ³ = 0,1 де- кастер = 1000 л = 1,308 куб. ярд = 35,3 куб. фут = 264,2 амер. галлон = 6,29 нефт. баррель.
1 дм ³ = (1 куб. дециметр)	1000 см ³ = 61,0237 дюйм ³ = 11,3864 верш ³
1 л = (1 литр)	вмещает 1 кг (вес в безвоздушном пространстве) чистой во- ды при +4 °С и при давлении 760 мм ртутного столба и равен приблизительно 1 дм ³ или 0,001 м ³ .*
1 л (1 литр)	0,21998 англ. галлона = 1,7598 пинты (англ.).

4. Плотность

1 кг/м ³ =	0,001 т/м ³ = 0,001 кг/дм ³ (~кг/л) = 0,001 г/см ³ = 62,4 · 10 ⁻³ англ. фунт/куб. фут = 36,13 · 10 ⁻⁶ англ. фунт/куб. дюйм = 8,333 · 10 ⁻³ англ. фунт/амер. галлон = 0,999 унц/куб. фут.
-----------------------	--

5. Вес (сила)

1 кг = (1 килограмм)	1000 г = 0,001 т = 2,441984 фунт = 0,061048211 пуд = 2,2046223 англ. фунта = приблиз. весу 1 дм ³ чистой воды при +4 °С = = 10 ⁶ мг = 0,984 · 10 ⁻³ англ. тонна = 19,7 · 10 ⁻³ англ. центнер.
1 т = (1 тонна)	1000 кг = 61,048211 пуд = 2441,9284 фунт = 0,9842064 англ. тонны = 2204,6223 англ. фунта.

6. Давление

1 кПа = 100 бар = 101,972 Н/м² = 75006 мм рт. ст. = 101,972 · 10⁴ мм вод. ст. = 40200 дюйм вод. ст. = 2953 дюйм рт. ст. = 1450 англ. фунт/дюйм² = 2,089 · 10⁵ англ. фунт/фут².

7. Динамическая вязкость

1 Н · сек/м² = 0,102 кгс · с/м² = 10 дин · с/см² (пз) = 28,3 · 10⁻⁶ кгс · м² = 278 · 10⁻⁶ Н · ч/м² = 20,9 · 10⁻³ фунт · с/кв. фут.

8. Кинематическая вязкость

1 м²/сек = 10⁴ см²/с (ст) = 10⁶ мм²/с (сст) = 3600 м²/ч = 1,196 кв. ярд/с = 10,76 кв. фут/с = 38,75 · 10² кв. фут/ч.

9. Работа/Энергия

1 Дж = 0,102 кгс · м = 10⁷ эрг = 0,239 кал (межд.) = 0,239 · 10⁻³ ккал (межд.) = 0,278 · 10⁻⁶ квт · 10⁻⁶ = 0,378 · 10⁻⁶ л. с. ч. = 0,7376 фунто · фут = 8,85 фунто · дюйм = 0,948 · 10⁻³ БЕТ = 0,527 · 10⁻³ стоградусная британская единица (Chu/s).

10. Мощность

1 Вт = 0,102 кгс · м/с = 0,001 квт = 10⁻⁶ МВт = 1,36 · 10⁻³ л. с. = 0,86 ккал/ч = 0,239 кал/с = 10⁷ эрг/с = 0,7376 фунто · фут/с = 0,948 · 10⁻³ БЕТ/с = 0,527 · 10⁻³ стоградусная британская единица (Chu/s).

11. Температура

1 °С = °К - 273,15 = 5/9 (°F - 32) = 5/9 °Ra - 273,15 = 5/4 °R.

(1 градус Цельсия)

1 °К = °С + 273,15 = 5/9 °F + 255,37 = 5/9 °Ra = 5/4 °R + 32.

(1 градус Кельвина)

1 °F = 9/5 °С + 32 = 9/5 °К - 459,67 = °Ra - 459,67 = 9/4 °R + 32.

(1 градус Фаренгейта)

1 °Ra = 9/5 °С + 491,67 = 9/5 °К = °F + 459,67 = 9/4 °R + 491,67.

(1 градус Ренкина)

1 °R = 4/5 °С = 4/5 (°К - 273,15) = 4/9 (°F - 32) = 4/9 °Ra - 218,52.

(1 градус Реомюра)

Таблица 10.Т10

**Соотношение некоторых единиц СИ
с единицами других систем и внесистемными единицами**

Таблица вида «строка-графы»

1. Длина (линейные меры)/LENGTH

Метр, м	Миллиметр, мм	Дюйм, дюйм	Фут, фут	Ярд, ярд
metre, m	millimetre, mm	inch, in	foot, ft	yard, yd
1	1000	39,3701	3,2808	1,0936
0,001	1	0,394	0,0033	0,0011
0,0254	25,4	1	0,0833	0,0278
0,3048	304,8	12	1	0,3333
0,9144	914,4	36	3	1

Метр, м	Километр, км	Фут, фут	Миля, —	Миля морск. УК (Брит.)	Миля морск. US (Америк.)
metre, m	kilometre, km	foot, ft	mile, ml	naut mile UK UK n ml	naut mile US US n ml
1	1×10^{-3}	3,281	$6,214 \times 10^{-4}$	$5,4 \times 10^{-4}$	$5,391 \times 10^{-4}$
1000	1	3280,84	0,62137	0,54	0,5391
0,3048	$3,048 \times 10^{-4}$	1	$1,894 \times 10^{-4}$	$1,646 \times 10^{-4}$	$1,644 \times 10^{-4}$
1609,34	1,6093	5280	1	0,869	0,868
1852	1,852	6076,2	1,1508	1	0,9984
1855	1,855	6084,1	1,1523	1,0016	1

Метр, м	Вершок, верш	Аршин, арш	Сажень, саж	Верста, верст
1	22,4972	1,40607	0,4687	$9,374 \times 10^{-4}$
0,04445	1	0,0625	0,021	$4,167 \times 10^{-5}$
0,7112	16	1	0,336	$6,667 \times 10^{-4}$
2,1336	48	3	1	2×10^{-3}
1066,8	24 000	1500	500	1

1 кабельтов = 1/10 морской мили UK = 185,2 м.

Продолжение табл. 10.Т10

2. Площадь (квадратные меры)/AREA

Квадратный метр, м ²	Квадратный миллиметр, мм ²	Квадратный дюйм, дюйм ²	Квадратный фут, фут ²	Квадратный ярд, ярд ²
square metre, m ²	square millimetre, mm ²	square inch, in ²	square foot, ft ²	square yard, yd ²
1	1×10 ⁶	1550	10,764	1,196
1×10 ⁻⁶	1	1,55×10 ⁻³	1,076×10 ⁻⁵	1,196×10 ⁻⁶
6,452×10 ⁻⁴	645.16	1	6,944×10 ⁻³	7,716×10 ⁻⁴
0,093	92903	144	1	0,111
0.836	836127	1296	9	1

Квадратный метр, м ²	Квадратный километр, км ²	Квадратная миля, —	Квадратная морская, миля UK	Квадратная морская, миля US
square metre, m ²	square kilometre, km ²	square mile, mi ²	square naut mile UK UK n mi ²	square naut mile US. US n mi ²
1	1×10 ⁻⁶	3,861×10 ⁻⁷	2,915×10 ⁻⁷	2,906×10 ⁻⁷
1×10 ⁶	1	0,386102	0,2915	0,2906
2,59×10 ⁶	2,59	1	0,755	0,7524
3,43×10 ⁶	3,43	1,324	1	0,996
3,441×10 ⁶	3,441	1,329	1,0038	1

Квадратный метр, м ²	Гектар, га	Ар, а	Акр, акр	Квадратная верста, врст ²
square metre, m ²	hectare —	are —	acre —	square verst —
1	1×10 ⁻⁴	0,01	2,471×10 ⁻⁴	8,787×10 ⁻⁷
1×10 ⁴	1	100	2,47105	8,787×10 ⁻³
100	0,01	1	0,02471	8,787×10 ⁻⁵
4050	0,405	40,469	1	3,556×10 ⁻³
1,138×10 ⁶	113,806	11380,7	281,221	1

Квадратный метр, м ²	Квадратный вершок, верш ²	Квадратный аршин, арш ²	Квадратная сажень, саж ²	Квадратная верста, врст ²
square metre, m ²	square inch —	square arshin —	square sazhen —	square verst —
1	506,122	1,97704	0,219672	8,787×10 ⁻⁷
1,976×10 ⁻³	1	3,906×10 ⁻³	4,34×10 ⁻⁴	1,736×10 ⁻⁹
0,5058	256	1	0,1111	4,44×10 ⁻⁷
4,552	2304	9	1	4×10 ⁻⁶
1,138×10 ⁶	5,76×10 ⁸	2,25×10 ⁶	2,5×10 ⁵	1

Продолжение табл. 10.Т10

3. Объем (кубические меры) / VOLUME

Кубический метр, м ³	Кубический сантиметр, см ³	Кубический дюйм, дюйм ³	Кубический фут, фут ³	Кубический ярд, ярд ³
cubic metre, m ³	cubic centimetre, cm ³	cubic inch, in ³	cubic foot, ft ³	cubic yard, yd ³
1	1×10 ⁶	61024	35,315	1,308
1×10 ⁻⁶	1	0,061	3,531×10 ⁻⁵	1,308×10 ⁻⁶
1,639×10 ⁻⁵	16,387	1	5,787×10 ⁻⁴	2,143×10 ⁻⁵
0,0283	2,832×10 ⁴	1728	1	0,037
0,7646	7,646×10 ⁵	46656	27	1

3.1. Объем жидкости / VOLUME LIQUID

Кубический метр, м ³	Литр, л	Галлон амери- канский —	Баррель нефтяной американский —	Бушель аме- риканский —	Пинга амери- канская —	Галлон британс- кий —	Бушель британс- кий —	Пинга британс- кая —
cubic metre, m ³	litre, l	US gallon US gal	US barrel —	US bushel, bu	US pint US liq pt	UK gallon, UK gal	UK bushel —	UK pint, UK pt
1	1×10 ³	264,17	6,2898	28,3776	2113,37	219,969	27,496	1759,76
1×10 ⁻³	1	0,26417	6,2898×10 ⁻³	2,8378×10 ⁻²	2,1134	0,21997	0,027496	1,7598
3,7854×10 ⁻³	3,7854	1	0,02381	0,1074	8	0,83264	0,1041	6,6622
0,158988	158,98	42	1	4,5117	335,993	34,9726	4,3715	279,787
3,5239×10 ⁻²	35,239	9,3089	0,2216	1	74,474	7,7515	0,9689	61,9963
4,73179×10 ⁻⁴	0,47318	0,125	2,9762×10 ⁻³	0,013428	1	0,1041	0,013	0,8327
4,54609×10 ⁻³	4,54609	1,201	0,028594	0,129	9,6077	1	0,125	8
3,63687×10 ⁻²	36,3687	9,6076	0,22875	1,0321	76,8616	8	1	64
5,6826×10 ⁻⁴	0,56826	0,1501	3,5742×10 ⁻³	0,01613	1,20096	0,125	0,01563	1

Продолжение табл. 10.Т10

3.2. Объем сыпучих веществ / VOLUME DRY SUBSTANCES

Кубический метр, м ³	Галлон американский	Баррель американский	Бушель американский	Пинга американская	Галлон британский	Баррель британский	Бушель британский	Пинга британская
cubic metre, м ³	US gallon	US barrel, US bbl	US bushel, US bu	US pint, US dry pt	UK gallon, UK gal	UK barrel	UK bushel	UK pint, UK pt
1	227,015	8,6484	28,3776	1816,154	219,969	6,1106	27,4961	1759,76
4.405×10^{-3}	1	0,0381	0,125	8	0,969	0,02692	0,1211	7,7519
0,115628	26,2492	1	3,2812	209,9936	25,4355	0,7065	3,1788	203,481
$3,5239 \times 10^{-2}$	8	0,3048	1	64	7,752	0,2153	0,9688	62,0152
5.50614×10^{-4}	0,125	$4,7625 \times 10^{-3}$	0,01563	1	0,1211	$3,3646 \times 10^{-3}$	0,01514	0,969
$4,54609 \times 10^{-3}$	1,032	0,03932	0,129	8,256	1	0,02778	0,125	8
0,16365	37,151	1,4155	4,6439	297,208	35,9995	1	4,5005	287,977
$3,63687 \times 10^{-2}$	8,2562	0,3146	1,032	66,0496	8	0,2222	1	64
$5,6826 \times 10^{-1}$	0,129	$4,9149 \times 10^{-3}$	0,01613	1,032	0,125	$3,4723 \times 10^{-3}$	0,01563	1

1 унция (Великобритания)/ounce UK [fl×oz (UK), –] = $2,841 \times 10^{-5}$ м³1 унция (США)/ounce USA [ft×oz (US), –] = $2,957 \times 10^{-5}$ м³

4. Время/Time

Секунда	Минута	Час	Сутки	Неделя	Год календарный
Sekond	Minute	Hour	Day	Week	Year calendar
1	$16,6667 \times 10^3$	$0,277778 \times 10^3$	$11,5741 \times 10^6$	$1,65344 \times 10^6$	$3,16 \times 10^7$
60	1	$16,6667 \times 10^3$	$0,694444 \times 10^3$	$99,2063 \times 10^6$	$5,25 \times 10^5$
$3,6 \times 10^3$	60	1	$41,6567 \times 10^3$	$5,95238 \times 10^3$	$8,75 \times 10^3$
$86,4 \times 10^3$	$1,44 \times 10^3$	24	1	0,142857	364,6
$604,8 \times 10^3$	$10,08 \times 10^3$	168	7	1	52
31536×10^3	525600	8760	365	52	1

Продолжение табл. 10.Т10

5. Скорость/VELOCITY

Метр в секунду, м/с	Метр в минуту, м/мин	Километр в час, км/ч	Фут в секунду, фут/с	Фут в минуту, фут/мин	Фут в час, фут/ч	Англ. сухопутн. миля в час, миля/ч	Узел-Англ. морск. миля в час —
Metre per second, m/s	Metre per minute, m/min	Kilometre per hour, km/h	Foot per second, ft/s	Foot per minute, ft/min	Foot per hour, ft/h	UK statute mile per hour, ml/h	UK naut mile per hour, UK n. ml/h
1	60	3,6	3,281	196,86	11812	2,2369	1,942
0,017	1	0,06	0,05468	3,281	196,86	0,0373	0,03239
0,2778	16,667	1	0,9115	54,68	3280,8	0,6214	0,54
0,3048	18,288	1,0973	1	60	3600	0,6818	0,592
$5,08 \times 10^{-3}$	0,305	0,0183	0,017	1	60	0,01136	$9,872 \times 10^{-3}$
$8,467 \times 10^{-5}$	$5,08 \times 10^{-3}$	$3,048 \times 10^{-4}$	$2,778 \times 10^{-4}$	0,01667	1	$1,894 \times 10^{-4}$	$1,645 \times 10^{-4}$
0,447	26,822	1,60934	1,467	88	5279,9	1	0,8684
0,5148	30,888	1,8532	1,688	101,28	6080	1,1516	1

6. Масса/MASS

Кило- грамм (единица СИ), кг	Центнер (кратная единица СИ), ц	Тонна метричес- кая (кратная единица СИ), т	Фунт в систе- ме русских мер, фунт	Фунт тор- говый, фунт аме- риканский —	Центнер британ- ский —	Центнер короткий британский —	Тонна длинная —	Тонна короткая —
Kilogram, kg	Quintal, q	Tonne (metricton), t	Pound, lb	US pound lb, US lb	Hundred- weight, cwt	Short hundred weight, sh cwt	Ton-mass, tonm	Ton, sh. ton
1	0,01	1×10^{-3}	2,44194	2,2046	0,01968	0,02205	$9,842 \times 10^{-4}$	$1,102 \times 10^{-3}$
100	1	0,1	244,194	220,46	1,968	2,205	0,09842	0,1102
1000	10	1	2441,94	2204,6	19,68	22,05	0,9842	1,102
0,40951	$4,0951 \times 10^{-3}$	$4,0951 \times 10^{-4}$	1	0,9028	$8,0674 \times 10^{-3}$	$9,0355 \times 10^{-3}$	$4,03435 \times 10^{-4}$	$4,514 \times 10^{-4}$
0,453592	$4,5359 \times 10^{-3}$	$4,5359 \times 10^{-4}$	1,1076	1	$8,9286 \times 10^{-3}$	0,01	$4,465 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
50,8023	0,508	0,0508	124,056	112	1	1,1199	0,05	0,056
45,3592	0,4536	0,04536	110,7646	100	0,8929	1	0,04465	0,05
1016,047	10,16047	1,016047	2481,1142	2240	20	22,3989	1	1,1203
907,185	9,07185	0,907185	2215,28	2000	17,8571	20	0,8929	1

1 унция аптекарская / ounce apoth. (oz apoth, —) = $31,1035 \times 10^{-3}$ кг.1 унция аптекарская русская / ounce apoth. Rus. (—, —) = $2,986 \times 10^{-2}$ кг.1 унция торговая / ounce (oz, —) = $28,3495 \times 10^{-3}$ кг.1 унция тройская / ounce troy (oz tr, —) = $31,1035 \times 10^{-3}$ кг.1 карат (кар) = $2,10^{-4}$ кг.

1 слаг = 14,6 кг.

Продолжение табл. 10.Т10

7. Плотность/DENSITY Лист 5

Килограмм на куб. метр, кг/м ³	Килограмм на куб. дециметр, кг/дц ³	Килограмм на литр, кг/л	Грамм на куб. сантиметр, г/см ³	Грамм на куб. фут, г/фут ³	Грамм на куб. дюйм, г/дюйм ³
Kilogram per cubic metre, kg/m ³	Kilogram per cubic decimetre, kg/dm ³	Kilogram per litre, kg/l	Gram per cubic centimetre, g/cm ³	Gram per cubic foot, g/ft ³	Gram per cubic inch, g/in ³
1	1×10^{-3}		1×10^{-3}	28,317	0,01639
1000	1		1	28317	16,387
1000	1		1	28317	16,387
0.03534	$3,534 \times 10^{-5}$		$3,534 \times 10^{-5}$	1	$5,787 \times 10^{-4}$
61	0,061		0,061	1728	1

Килограмм на куб. метр, кг/м ³	Фунт торговый на куб. фут	Фунт торговый на куб. дюйм	Фунт торговый на галлон американский	Унция торговая на куб. сантиметр	Унция торговая на куб. фут	Унция торгов. на куб. дюйм
Kilogram per cubic metre, kg/m ³	US pound per cubic foot, US lb/ft ³	US pound per cubic inch, US lb/in ³	US pound per US gallon, US lb/US gal	Ounce av. per cubic centim., oz av/cm ³	Ounce av. per cubic foot, oz av/ft ³	Ounce av. per cubic inch, oz av/in ³
1	0,0624	$3,616 \times 10^{-5}$	$8,345 \times 10^{-3}$	$3,527 \times 10^{-5}$	0,9982	$5,781 \times 10^{-4}$
16,0279	1	$5,794 \times 10^{-4}$	0,1336	$5,654 \times 10^{-4}$	15,999	$9,266 \times 10^{-3}$
27658	1725,85	1	230,583	0,976	27608	15,99
119,826	7,485	$4,337 \times 10^{-3}$	1	$4,227 \times 10^{-3}$	119,61	0,0693
28350	1768,79	1,025	236,593	1	28299	16,39
1,0018	0,0625	$3,622 \times 10^{-5}$	$8,36 \times 10^{-3}$	$3,534 \times 10^{-5}$	1	$5,792 \times 10^{-4}$
1729,68	107,917	0,0625	14,435	0,061	1726,57	1

8. Расход объемных жидкостей/VOLUME FLOW RATE OF LIQUID

Кубический метр			Литр			Кубический фут			Кубический дюйм		
в секунду	в минуту	в час	в секунду	в минуту	в час	в секунду	в минуту	в час	в секунду	в минуту	в час
м ³ /с	м ³ /мин	м ³ /ч	л/с	л/мин	л/ч	фут ³ /с	фут ³ /мин	фут ³ /ч	дюйм ³ /с	дюйм ³ /мин	дюйм ³ /ч
Cubic metre			Litre			Cubic foot			Cubic inch		
per second	per minute	per hour	per second	per minute	per hour	per second	per minute	per hour	per second	per minute	per hour
m ³ /s	m ³ /min	m ³ /h	l/s	l/min	l/h	ft ³ /s	ft ³ /min	ft ³ /h	in ³ /s	in ³ /min	in ³ /h
1	60	600	1000	60000	3,6×10 ⁶	35,316	2118,96	1,271×10 ⁵	61024	3,66×10 ⁶	2,197×10 ⁸
0,01667	1	60	16,667	1000	60000	0,5886	35,316	2118,96	1017,27	61024	3,662×10 ⁶
2,778×10 ⁻⁴	0,01667	1	0,278	16,667	1000	9,81×10 ⁻³	0,5886	35,316	16,952	1017,15	61024
1×10 ⁻³	0,06	3,6	1	60	3600	0,0353	2,1189	127,134	61,024	3661,44	219686
1,667×10 ⁻⁵	1×10 ⁻³	0,06	0,01667	1	60	5,886×10 ⁻⁴	0,0353	2,119	1,0173	61,024	3662,28
2,778×10 ⁻⁷	1,667×10 ⁻⁵	1×10 ⁻³	2,778×10 ⁻⁴	0,01667	1	9,81×10 ⁻⁶	5,886×10 ⁻⁴	0,0353	1,695×10 ⁻²	1,0173	61,024
0,02832	1,699	101,952	28,32	1699	1,02×10 ⁵	1	60	3600	728,6	103692	6,222×10 ⁶
4,721×10 ⁻⁴	0,0283	1,699	0,472	28,32	1699	0,01667	1	60	28,81	1728,6	103716
7,867×10 ⁻⁶	4,716×10 ⁻⁴	0,0283	0,00786	0,472	28,32	2,778×10 ⁻⁴	0,01667	1	0,48	28,8	1728,6
1,639×10 ⁻⁵	9,834×10 ⁻⁴	0,059	0,0164	0,984	59,04	5,783×10 ⁻⁴	0,0347	2,083	1	60	3600
2,732×10 ⁻⁷	1,64×10 ⁻⁵	90,834×10 ⁻⁴	2,732×10 ⁻⁴	0,0164	0,984	9,64×10 ⁻⁶	5,783×10 ⁻⁴	0,0347	0,01667	1	60
4,553×10 ⁻⁹	2,732×10 ⁻⁷	1,64×10 ⁻⁵	4,553×10 ⁻⁶	2,732×10 ⁻⁴	0,0164	1,61×10 ⁻⁷	9,64×10 ⁻⁶	5,783×10 ⁻⁴	2,778×10 ⁻⁴	0,01667	1

Продолжение табл. 10.Т10

8.1. Расход массовый/MASS FLOW RATE

Килограмм (единица СИ)		Центнер (кратная единица СИ)		Фунт в системе русских мер		Фунт торговый/ Фунт американский	
в секунду	в час	в секунду	в час	в секунду	в час	в секунду	в час
кг/с	кг/ч	ц/с	ц/ч	фунт/с	фунт/ч	—	—
Kilogram		Quintal		Pound		US pound	
per second	per hour	per second	per hour	per second	per hour	per second	per hour
kg/s	kg/h	q/s	q/h	lb/s	lb/h	US lb/s	US lb/h
1	3600	0,01	36	2,442	8791,2	2,2046	7936,56
$2,778 \times 10^{-4}$	1	$2,778 \times 10^{-6}$	0,01	$6,783 \times 10^{-4}$	2,442	$6,124 \times 10^{-4}$	2,2046
100	$3,6 \times 10^5$	1	3600	244,2	$8,7912 \times 10^5$	220,46	$7,937 \times 10^5$
0,02778	100	$2,778 \times 10^{-4}$	1	0,06784	244,22	0,06124	220,48
0,4095	1474,08	$4,095 \times 10^{-3}$	14,741	1	3600	0,9028	3250
$1,138 \times 10^{-4}$	0,4095	$1,138 \times 10^{-6}$	$4,095 \times 10^{-3}$	$2,778 \times 10^{-4}$	1	$2,509 \times 10^{-4}$	0,9032
0,4536	1632,96	$4,536 \times 10^{-3}$	16,33	1,1077	3987,69	1	3600
$1,26 \times 10^{-4}$	0,4536	$1,26 \times 10^{-6}$	$4,536 \times 10^{-3}$	$3,077 \times 10^{-4}$	1,1077	$2,778 \times 10^{-4}$	1

Тонна метрическая (кр. СИ)		Центнер британский		Центнер короткий британский		Тонна длинная		Тонна короткая	
в секунду	в час	в секунду	в час	в секунду	в час	в секунду	в час	в секунду	в час
т/с	т/ч	—	—	—	—	—	—	—	—
Tonne (metric ton)		Hundredweight		Short hundredweight		Ton-mass		Ton	
per second	per hour	per second	per hour	per second	per hour	per second	per hour	per second	per hour
t/s	t/h	cwt/s	cwt/h	sh cwt/s	sh cwt/h	tonm/s	tonm/h	sh ton/s	sh ton/h
1	3600	19,685	70848	22,05	79380	0,9842	3543,12	1,102	3967,2
$2,778 \times 10^{-4}$	1	$5,468 \times 10^{-3}$	19,685	$6,125 \times 10^{-3}$	22,05	$2,734 \times 10^{-4}$	0,9842	$3,061 \times 10^{-4}$	1,102
0,0508	182,88	1	3600	1,1199	4031,64	0,05	180	0,056	201,6
$1,411 \times 10^{-5}$	0,0508	$2,778 \times 10^{-4}$	1	$3,111 \times 10^{-4}$	1,1199	$1,389 \times 10^{-5}$	0,05	$1,556 \times 10^{-5}$	0,056
0,04536	163,29	0,8929	3214,44	1	3600	0,04465	160,74	0,05	180
$1,26 \times 10^{-5}$	0,04536	$2,48 \times 10^{-4}$	0,8929	$2,778 \times 10^{-4}$	1	$1,254 \times 10^{-5}$	0,04465	$1,389 \times 10^{-5}$	0,05
1,01605	3657,78	20	7200	22,3989	80636	1	3600	1,1203	4033,1
$2,822 \times 10^{-4}$	1,01605	$5,556 \times 10^{-3}$	20	$6,222 \times 10^{-3}$	22,3989	$2,778 \times 10^{-4}$	1	$3,112 \times 10^{-4}$	1,1203
0,9072	3265,92	17,8571	64285,6	20	72000	0,8926	3213,4	1	3600
$2,521 \times 10^{-4}$	0,9072	$4,96 \times 10^{-3}$	17,8571	$5,556 \times 10^{-3}$	20	$2,48 \times 10^{-4}$	0,8926	$2,778 \times 10^{-4}$	1

Продолжение табл. 10.Т10

9. Сила/FORCE

Ньютон, Н	килограмм-сила, кгс	Тонна-сила, тс	Фунт-сила —	Стен, сн	Паундаль, пдл
Newton, N	Kilogram-force, kgf	Tonne-force, tf	Pound-force, lbf	Sten. sn	Poundal, pdl
1	0,102	$1,02 \times 10^{-4}$	0,225	1×10^{-3}	7,23065
9,80665	1	1×10^{-3}	2,205	$9,8067 \times 10^{-3}$	70,922
$9,80665 \times 10^3$	1×10^3	1	2205	9,80665	70922
4,44822	0,454	$4,54 \times 10^{-4}$	1	$4,448 \times 10^{-3}$	32,154
1×10^3	102	0,102	225	1	7230,65
0,138255	0,0141	$1,41 \times 10^{-5}$	0,0311	$1,383 \times 10^{-4}$	1

1 килограмм силы/kilogram-force (кгс, kgf) = 1 килопонд/kilopond (кп):

1 дина/dina = 1×10^{-5} ньютон/newton (Н, N).

10. Давление / PRESSURE

Пас- каль, Па	Бар, бар	Килограмм сила на кв. сантиметр, кгс/см ²	Междуна- родная стан- дартная (физическая) атмосфера, атм	Фунт-си- ла на квад- ратный дюйм, фунт, с/дюйм ²	Фут водяного столба, фут. вод. ст.	Метр водя- ного столба, м. вод. ст.	Миллиметр ртутного столба, мм. рт. ст.	Дюйм ртутного столба, дюйм рт. ст.
pascal, Pa	Bar, bar	kilogram force per square centim., kgf/cm ²	internation. standard (physical) atmosphere, atm	pounds- force per square inch, psi	foot of water, ft H ₂ O	metre of water, m H ₂ O	millimetre of mercury, mm Hg	inch of mercury, in Hg
1	1×10^{-5}	$1,0197 \times 10^{-5}$	$9,869 \times 10^{-6}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$3,346 \times 10^{-4}$	$1,0197 \times 10^{-4}$	$7,501 \times 10^{-3}$	$2,953 \times 10^{-4}$
1×10^5	1	1,0197	0,9869	14,5038	33,455	10,197	750,1	29,53
98066	0,98066	1	0,96784	14,2233	32,7869	10	735,56	28,986
1013	1,01325	1,03323	1	14,696	33,876	10,322	760	29,949
6894,8	0,0689	0,0703	0,06805	1	2,311	0,7043	51,7149	2,0360
2989	0,02989	0,0305	0,02952	0,4328	1	0,305	22,42	0,8826
9807	0,09807	0,1	0,096784	1,4	3,2787	1	73,55	2,8986
133,3	0,00133	0,0014	$1,316 \times 10^{-3}$	0,0193	0,0446	0,0136	1	0,03937
3386	0,03386	0,0345	0,03339	0,0412	1,133	0,345	25,4	1

Примечания:

1. Данные, приведенные в таблице, соответствуют при температуре воды +4 °С (60 °F) и температуре ртути 0 °С (32 °F).

2. 1 дина на квадратный сантиметр/dina per square centimetre (дин/см², дин/см²) = 0,1 Па (Pa).

3. 1 пьеза/pieza (пз, pz) = 1000 Па (Pa).

4. 1 килограмм-сила на квадратный сантиметр/kilogram force per square centimetre (кгс/см², kgf/cm²) = 1 техническая атмосфера/technical atmosphere (ат, at).

5. 1 миллиметр ртутного столба/millimetre of mercury (мм. рт. ст, mm Hg) = 1 торр (торр, torr).

6. 1 паскаль/pascal (Па, Pa) = 1 ньютон на квадратный метр/newton per square metre (Н/м², N/m²).

Продолжение табл. 10.Т10

11. Вязкость динамическая/DINAMIC VISCOSITY

Паскаль-секунда, Па·с	Сантипуаз, сП	Паундаль-секунда на квадратный фут, пдл·с/фут ²	Фунт силы-секунда на квадратный фут, фунт·с/фут ²	Килограмм силы-секунда на квадратный метр, кгс·с/м ²
Pascal second, Pa·s	Centipoise, cP	Poundal second per square foot, pdl s/ft ²	Pound-force second per square foot, lbf s/ft ²	Kilogram-force second per square metre, kgf s/m ²
1	1000	0,672	$2,09 \times 10^{-2}$	0,102
0,001	1	$6,72 \times 10^{-4}$	$2,09 \times 10^{-5}$	$1,02 \times 10^{-4}$
1,488	1488	1	0,031	0,152
47,88	47880	32,174	1	4,882
9,807	9807	6,590	0,205	1

12. Вязкость кинематическая/KINEMATIC VISCOSITY

Кв. метр на секунду, м ² /с	Сантистокс, сСт	Кв. дюйм на секунду, дюйм ² /с	Кв. фут на секунду, фут ² /с
Metre squared per second, m ² /s	Sentistokes, cSt	Inch squared per second, in ² /s	foot squared per second, ft ² /s
1	1×10^6	1550	10,764
1×10^{-6}	1	$1,55 \times 10^{-3}$	$1,0764 \times 10^{-5}$
$6,452 \times 10^{-4}$	645,2	1	$6,944 \times 10^{-3}$
$9,290 \times 10^{-2}$	92903	144	1

13. Энергия, работа/ENERGY, WORK

Джоуль, Дж	Килограмм- сила-метр, кгс·м	Фунт-сила фут —	Ватт-час, вт·ч	Калория, кал	Лошадиная сила-час, л. с. ч.	Британская тепловая единица (международная), БЕТ
Joule, J	Kilogram- force metre, kgf·m	Foot pound- force, ft·lbf	Watt-hour, W·h	Calorie, cal	Metric horse- power-hour —	British thermal unit (international), BThU
1	0,102	0,737	$2,78 \times 10^{-4}$	0,2388	$3,777 \times 10^{-7}$	$9,479 \times 10^{-4}$
9,8067	1	7,233	$2,724 \times 10^{-3}$	2,3458	$3,704 \times 10^{-6}$	$9,294 \times 10^{-3}$
1,3569	0,1383	1	$3,766 \times 10^{-4}$	0,3244	$5,121 \times 10^{-7}$	$1,285 \times 10^{-1}$
3600	367,1	2655	1	861,326	$1,36 \times 10^{-3}$	3,4118
4,1794	0,4263	3,083	$1,161 \times 10^{-3}$	1	$1,581 \times 10^{-6}$	$3,968 \times 10^{-3}$
$2,6478 \times 10^6$	$2,6998 \times 10^5$	$1,9528 \times 10^6$	735,499	$6,32416 \times 10^5$	1	2509,41
107,586	107,586	778,17	0,2931	252	$3,985 \times 10^{-4}$	1

1 эрг/erg = 1×10^{-7} джоулей/joule (Дж, J); 1 терм/therm = 1×10^5 британских тепловых единиц/
british thermal unit (БЕТ, BTU); 1 килограммсила-метр/kilogram-force metre (кгс·м, kgf·m) =
= 1 килопонд-метр/kilopond metre (кп); 1 джоуль/joule (Дж, J) = 1 ньютон-метр/newton metre
(Н·м, N·m)

Окончание табл. 10.Т10

14. Мощность/POWER

Ватт, Вт	Джоуль в секунду, Дж/с	Ньютон метр в секунду, Н·м/с	Килограмм- сила-метр в секунду, кгс м/с	Фунт-сила фуг в секунду —	Калория в секунду, кал/с	Лошадиная сила метри- ческая, л. с.	Лошадиная сила британская. Бр. л. с.
Watt, Wt	Joule per second, J/s	Newton metre per second, N·m/s	Kilogram-force metre per second, kgf·m/s	Foot pound- force per second, ft lbf/s	Calorie per second, cal/s	Metric horsepower —	British horsepower, hp
1			0,102	0,7376	0,2388	$1,36 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$
9,80665			1	7,233	2,3474	0,0133	0,0131
1,356			0,138	1	0,3238	$1,84 \times 10^{-3}$	$1,82 \times 10^{-3}$
4,1868			0,426	3,088	1	$5,692 \times 10^{-3}$	$5,614 \times 10^{-3}$
735,499			75	542,476	175,671	1	0,9863
745,7			76,04	550	178,113	1,0139	1

15. Температура/TEMPERATURE

Формулы зависимости значений температур в градусах между шкалами

Температура по шкале/Temperature in scale

Цельсия		Кельвина		Фаренгейта		Ренкина		Реомюра	
Celsi	°C	Kelvin	°K	Fahrenheit	°F	Rankin	°Ra	Reaumur	°R
n		n + 273,15		$9/5 n + 32$		$9/5 n + 491,67$		$4/5 n$	
n - 273,15		n		$9/5 n - 459,67$		$9/5 n$		$4/5 (n - 273,15)$	
$5/9 (n - 32)$		$5/9 n + 255,37$		n		n + 459,67		$4/9 (n - 32)$	
$5/9 n - 273,15$		$5/9 n$		n - 459,67		n		$4/9 n - 218,52$	
$5/4 n$		$5/4 n + 273,15$		$4/9 n + 32$		$9/4 n + 491,67$		n	

Соотношение некоторых единиц СИ с единицами других систем и внесистемными единицами
Таблица вида «единицы с переводными коэффициентами»

1. Длина (английские и американские) ед.

миллиметры
(мм) →

Точка точка	→ x : ←	Линия малая лин. мал.	→ x : ←	Барликорн барликорн	→ x : ←
point pt		line l		barleycorn —	
0,352777	6	2,116766	4	8,4666	3

метры
(м) ↓

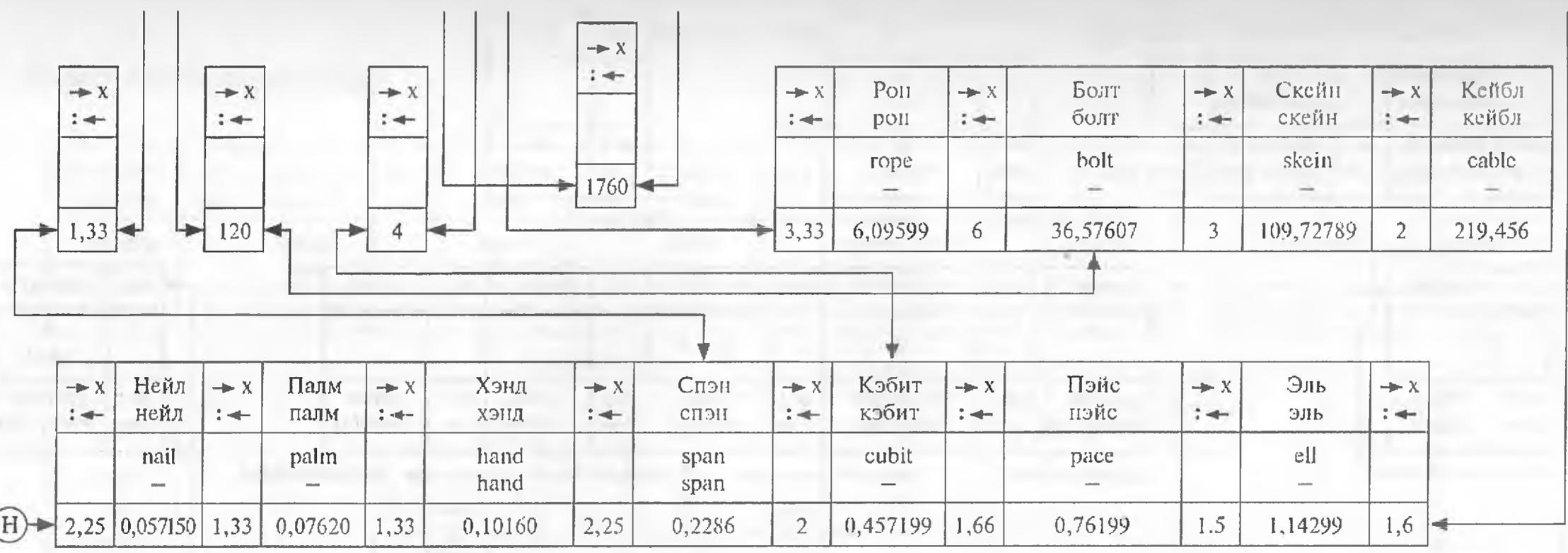
→ x : ←	Звено линк	→ x : ←
	link link	
0,66	0,201168	100

Мил микродюйм	→ x : ←	Калибр калибр	→ x : ←	Линия большая лин. бол.	→ x : ←	Дюйм д	→ x : ←
mil, Min mil, Min		— cl		line gr l gr		inch in	
0,0254	10	0,254	10	2,54	10	25,4	12

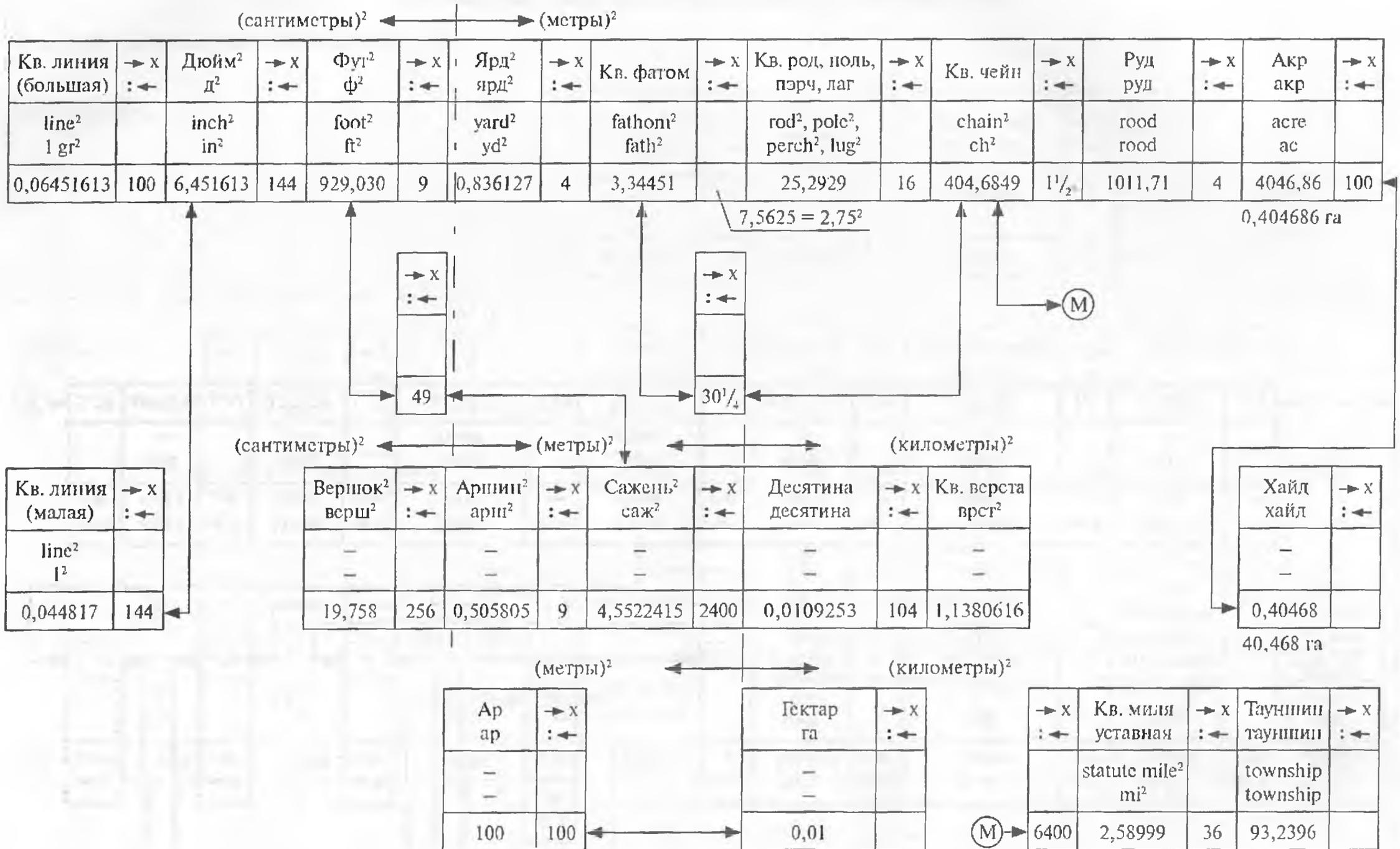
Φ
Н

Φ

Фут ф	→ x : ←	Ярд ярд	→ x : ←	Морская сажень фатом, фэсом	→ x : ←	Род, поль, пэрч, лаг	→ x : ←	Цепь гантерс чейн	→ x : ←	Фарлонг фарлонг	→ x : ←	Миля междуна- родная	→ x : ←	Лига законная США
foot ft		yard yd		fathom fath		rod, pole, perch, lug		gunter's chain ch		furlong fur		statute mile mile		statute league —
0,3048	3	0,9144	2	1,8288	2,75	5,02919	4	20,11678	10	201,168	8	1609,344	3	4828,0272



2. Площадь (англо-американские, английские и русские) ед.



3. Объем сыпучих (английские)

литры

Квортен квортен	→ x : ←	Галлон галлон	→ x : ←	Пек пек	→ x : ←	Бушель бушель	→ x : ←	Коум коум	→ x : ←	Квортен квортен	→ x : ←	Чэдрон чэдрон	→ x : ←	Вей вей
quatern —		gallon gal		peck pk		bushel bu		coomb, coom, comb		quarter —		chaldron —		weigh —
2,27298	2	4,5459631	2	9,09193	4	36,3677048	4	145,4708	2	290,9416	4	1163,7667	1,25	1454,7082

Кварта кварта	→ x : ←
quart qt	
1,13060	2

→ x : ←
2

→ x : ←	Знак знак	→ x : ←
	—	
3	109,37654	1,33

→ x : ←	Хогшид хогшид	→ x : ←
	hogshead —	
1,75	287,11345	1,33

→ x : ←
15,75

Пинта пинта	→ x : ←
pint —	
0,55060	2

Бэкет бэкет	→ x : ←	Фиркин фиркин	→ x : ←	Килдеркин килдеркин	→ x : ←	Баррель баррель	→ x : ←	Пэнчон пэнчон	→ x : ←	Бэтт бэтт
— —		firkin —		kilderkin —		barrel bbl		puncheon —		butt —
18,183853	2,25	40,91367	2	81,82734	2	163,65467	2,33	381,8609	1,5	572,79135

США

(дециметры)³

Кварта сухая	→ x : ←	Галлон сухой	→ x : ←	Пек пек	→ x : ←	Бушель бушель	→ x : ←	Баррель баррель
quart dry qt dry		gallon dry gal dry		peck pk		bushel bu		barrel bbl
1,101198	4	4,4049	2	8,80958	4	35,2393	3,28	115,63

→ x : ←	Чэдрон чэдрон
	chaldron —
36	1268,58

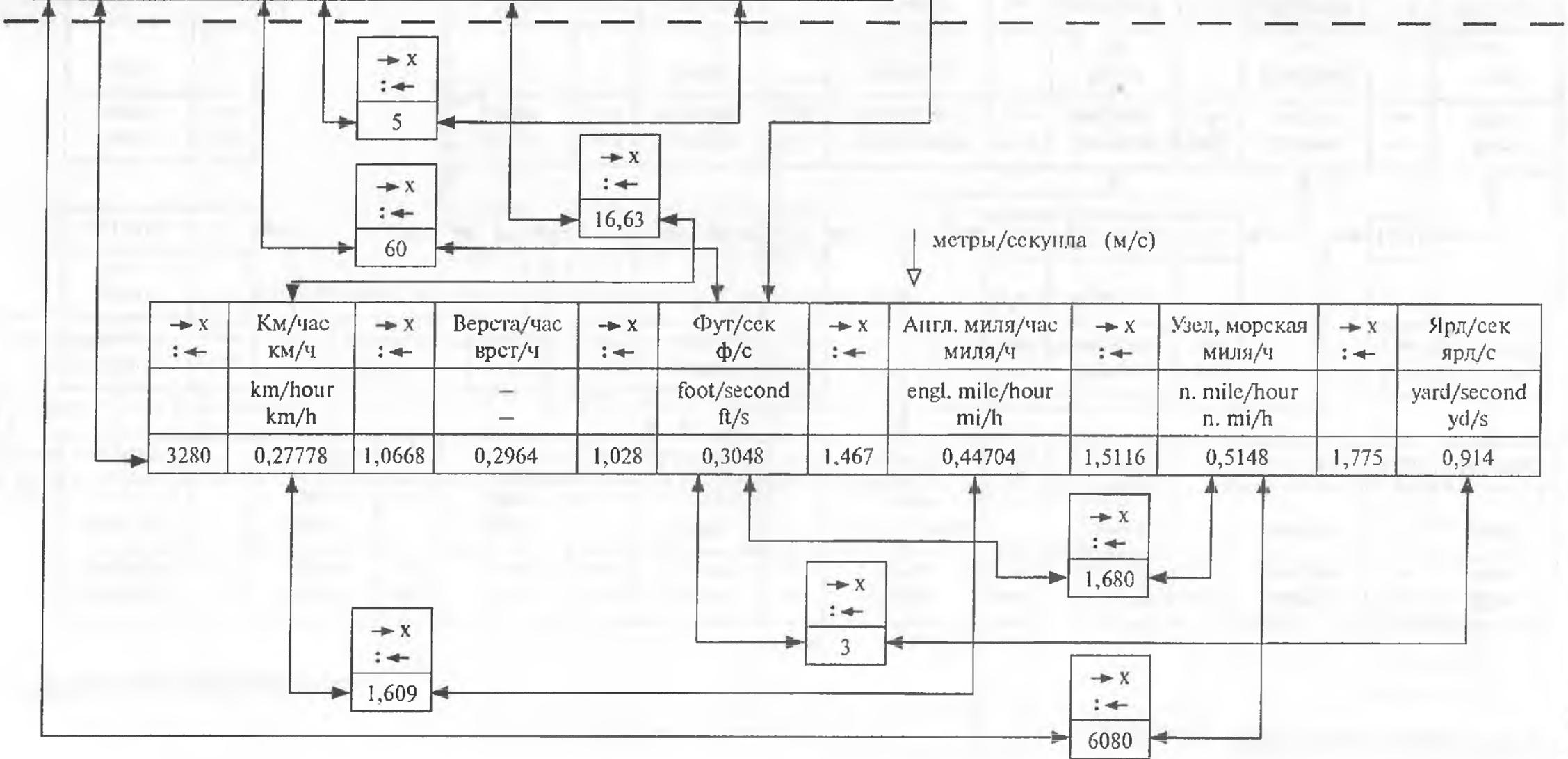
4. Скорость

миллиметры/секунда (мм/с)

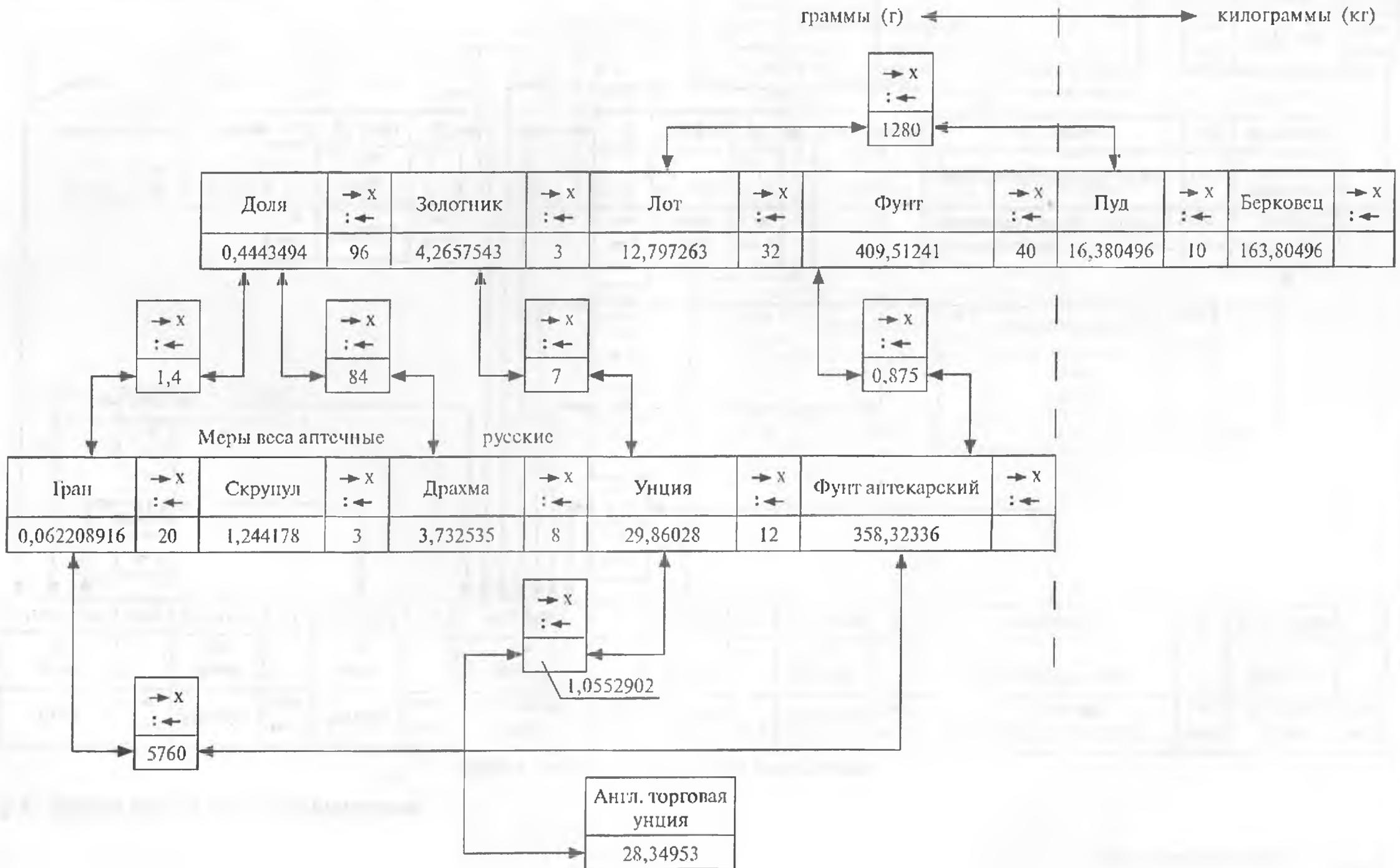
Фут/час ф/ч	→ x : ←	Фут/мин фут/мин	→ x : ←	Метр/мин м/мин	→ x : ←	Дюйм/сек д/с	→ x : ←
foot/hour ft/h		foot/min ft/min		meter/min m/min		inch/second in/s	
0,084667	60	5,08	3,28	16,7	1,52	25,4	12

метры/секунда (м/с)

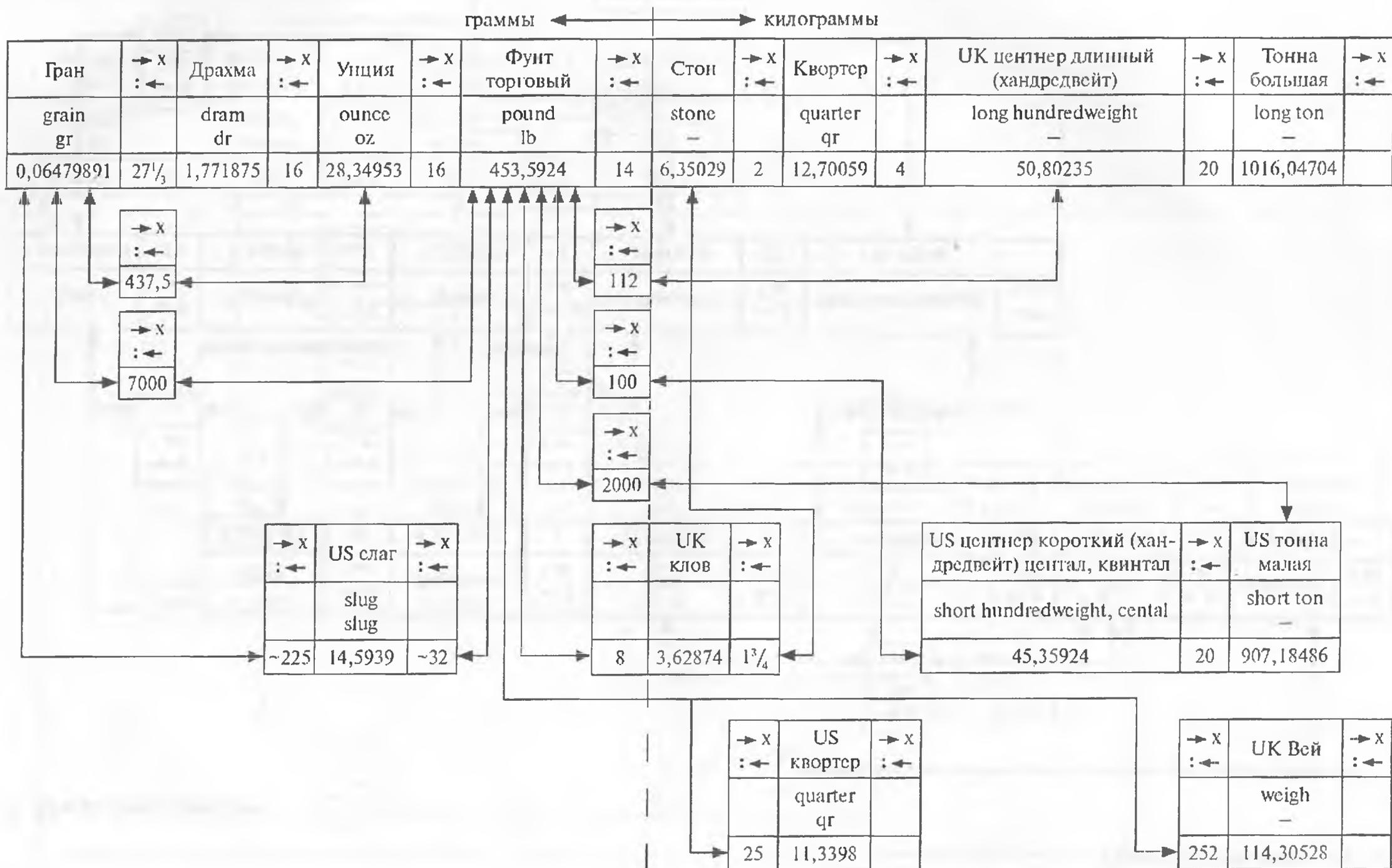
→ x : ←	Км/час км/ч	→ x : ←	Верста/час врст/ч	→ x : ←	Фут/сек ф/с	→ x : ←	Англ. миля/час миля/ч	→ x : ←	Узел, морская миля/ч	→ x : ←	Ярд/сек ярд/с
	km/hour km/h		— —		foot/second ft/s		engl. mile/hour mi/h		n. mile/hour n. mi/h		yard/second yd/s
3280	0,27778	1,0668	0,2964	1,028	0,3048	1,467	0,44704	1,5116	0,5148	1,775	0,914



5. Масса (вес), русские



5.1. Массы английские и американские



5.2. Массы монетные, тройские, драгоценные

← миллиграммы										граммы →				
Блэнк	→ x : ←	Пириот	→ x : ←	Дойт	→ x : ←	Майт	→ x : ←	Гран англ.	→ x : ←	Пеннивейт	→ x : ←	Унция монетная (тройская)	→ x : ←	Фунт монетный (тройский)
blank		perit		doit		mite		grain gr		pennyweight pwt		ounce oz tr		pound lb tr
0,00028	24	0,00675	20	0,135	24	3,24	24	64,79891	24	1,555174	20	31,103481	12	373,241769

→ x : ←	Скрупул	→ x : ←	Драхма тройская	→ x : ←
	scruple s.		dram dr tr	
20	1,295978	3	3,887935	8

US тонна пробирная = 29,1667 г
 UK тонна пробирная = 32,6667 г
 1 карат = 2 × 10⁻⁴ кг

6. Плотность

килограмм/метр³ (кг/м³)

Фунт ярд³	→ x : ←	Унция фут³	→ x : ←	Унция УК галлон	→ x : ←	Унция US галлон	→ x : ←	УК фунт фут³	→ x : ←
$\frac{\text{pound}}{\text{yard}^3}$ $\frac{\text{lb}}{\text{yd}^3}$		$\frac{\text{ounce}}{\text{foot}^3}$ $\frac{\text{oz}}{\text{ft}^3}$		$\frac{\text{ounce}}{\text{gallon}}$ $\frac{\text{oz}}{\text{gal}}$		$\frac{\text{ounce}}{\text{gallon}}$ $\frac{\text{oz}}{\text{gal}}$		$\frac{\text{pound}}{\text{foot}^3}$ $\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$	
0,583276	1,69	1,00116	6,229	6,23602	1,2	7,48915	2,14	16,018	6,23

→ x : ←	27
------------	----

→ x : ←	7,48
------------	------

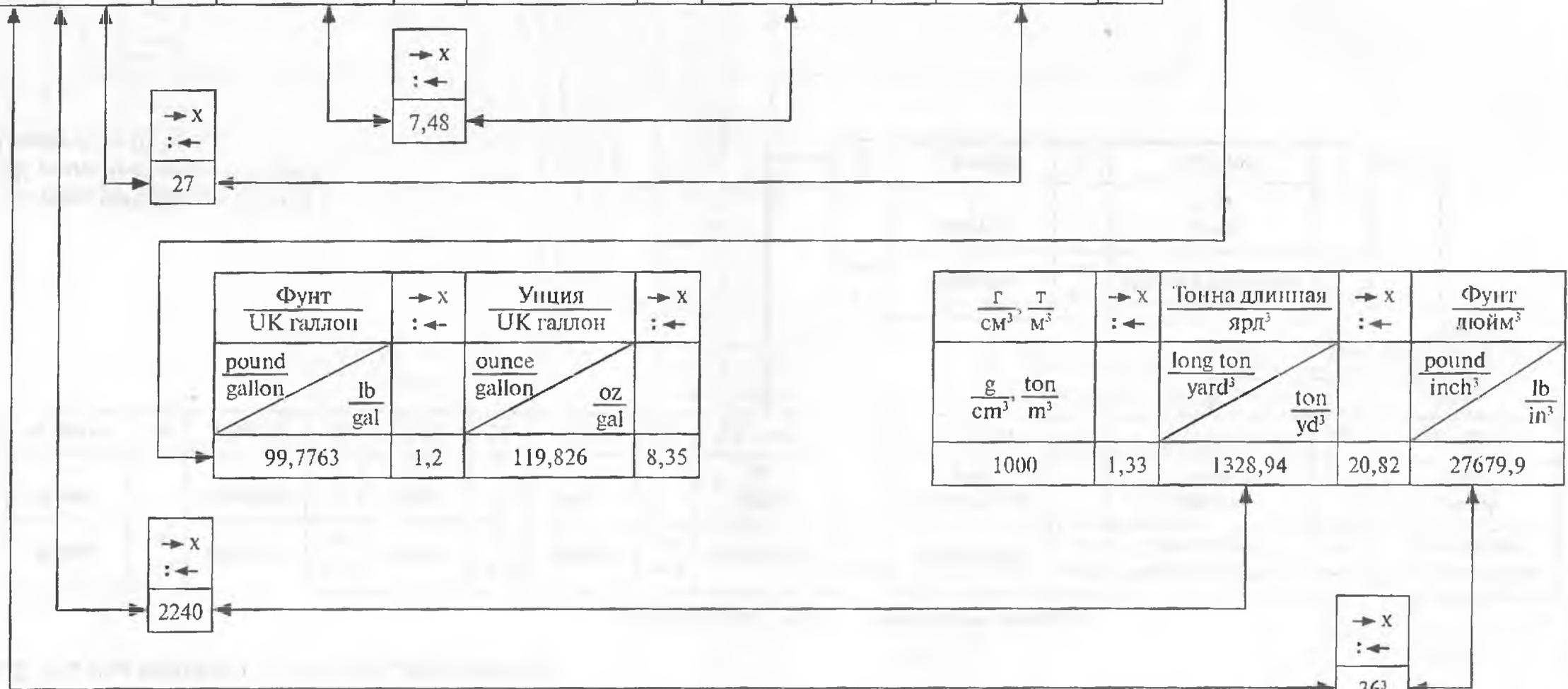
Фунт УК галлон	→ x : ←	Унция УК галлон	→ x : ←
$\frac{\text{pound}}{\text{gallon}}$ $\frac{\text{lb}}{\text{gal}}$		$\frac{\text{ounce}}{\text{gallon}}$ $\frac{\text{oz}}{\text{gal}}$	
99,7763	1,2	119,826	8,35

$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ $\frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	→ x : ←	Тонна длинная ярд³	→ x : ←	Фунт дюйм³
$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$		$\frac{\text{long ton}}{\text{yard}^3}$ $\frac{\text{ton}}{\text{yd}^3}$		$\frac{\text{pound}}{\text{inch}^3}$ $\frac{\text{lb}}{\text{in}^3}$
1000	1,33	1328,94	20,82	27679,9

→ x : ←	2240
------------	------

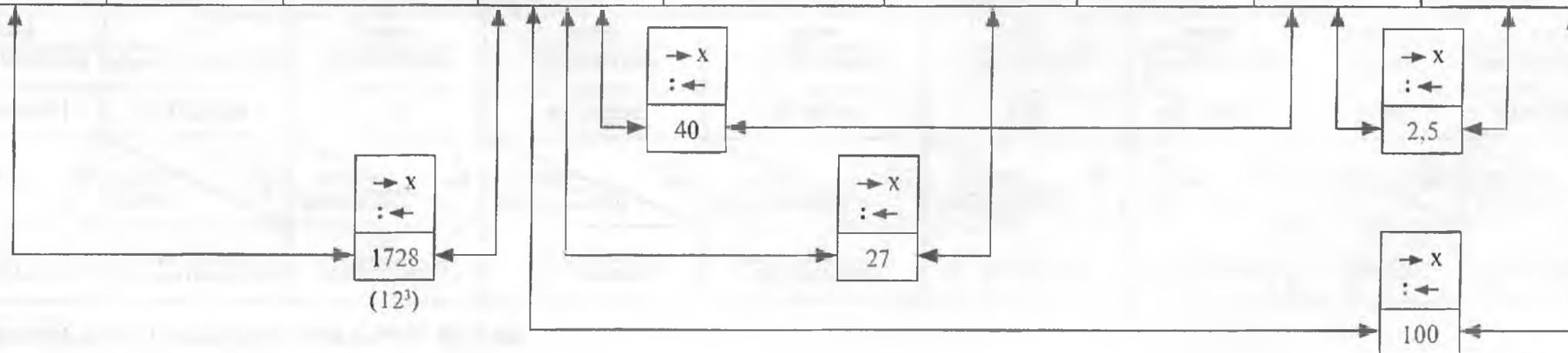
→ x : ←	36³
------------	-----

(46626)



7. Расход объема жидкости, м³/сек

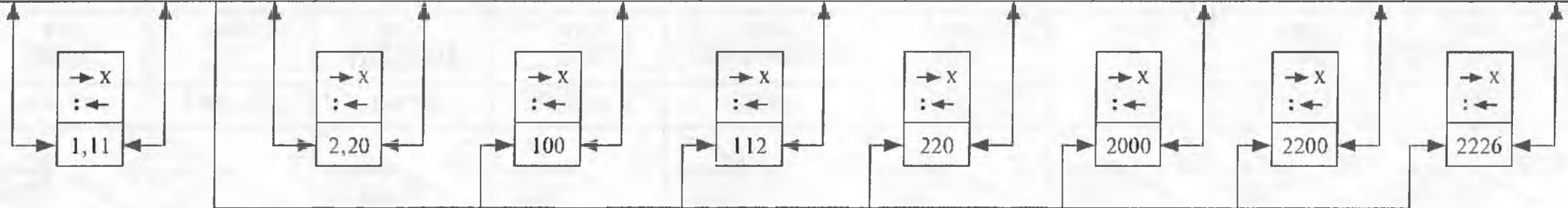
$\frac{\text{Дюйм}^3}{\text{с}}$	$\frac{\text{л}}{\text{с}}$	$\frac{\text{US галлон}}{\text{с}}$	$\frac{\text{Фут}^3}{\text{с}}$	$\frac{\text{Баррель нефтяной}}{\text{с}}$	$\frac{\text{Ярд}^3}{\text{с}}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	$\frac{\text{US тонна}}{\text{с}}$	$\frac{\text{Тонна регистровая}}{\text{с}}$
$\frac{\text{inch}^3}{\text{second}}$ $\frac{\text{in}^3}{\text{s}}$	$\frac{\text{litre}}{\text{second}}$ $\frac{\text{l}}{\text{s}}$	$\frac{\text{US gallon}}{\text{second}}$ $\frac{\text{gal}}{\text{s}}$	$\frac{\text{foot}^3}{\text{second}}$ $\frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$	$\frac{\text{barrel}}{\text{second}}$ $\frac{\text{bbl}}{\text{s}}$	$\frac{\text{yard}^3}{\text{second}}$ $\frac{\text{yd}^3}{\text{s}}$	$\frac{\text{meter}^3}{\text{second}}$ $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{second}}$ $\frac{\text{ton}}{\text{s}}$	$\frac{\text{register ton}}{\text{second}}$ $\frac{\text{ton reg}}{\text{s}}$
$16,4 \cdot 10^{-6}$	$1,000 \cdot 10^{-3}$	$3,785 \cdot 10^{-3}$	$28,3 \cdot 10^{-3}$	0,159	0,765	1,000	1,13268	2,8317
$\frac{\text{Дюйм}^3}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{л}}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{US галлон}}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{Фут}^3}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{Баррель нефтяной}}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{Ярд}^3}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{US тонна}}{\text{МИН}}$	$\frac{\text{Тонна регистровая}}{\text{МИН}}$
$\frac{\text{inch}^3}{\text{minute}}$ $\frac{\text{in}^3}{\text{min}}$	$\frac{\text{litre}}{\text{minute}}$ $\frac{\text{l}}{\text{min}}$	$\frac{\text{US gallon}}{\text{minute}}$ $\frac{\text{gal}}{\text{min}}$	$\frac{\text{foot}^3}{\text{minute}}$ $\frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$	$\frac{\text{barrel}}{\text{minute}}$ $\frac{\text{bbl}}{\text{min}}$	$\frac{\text{yard}^3}{\text{minute}}$ $\frac{\text{yd}^3}{\text{min}}$	$\frac{\text{meter}^3}{\text{minute}}$ $\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{minute}}$ $\frac{\text{ton}}{\text{min}}$	$\frac{\text{register ton}}{\text{minute}}$ $\frac{\text{ton reg}}{\text{min}}$
$0,273 \cdot 10^{-6}$	$0,01666 \cdot 10^{-3}$	$0,0631 \cdot 10^{-3}$	$0,47166 \cdot 10^{-3}$	0,00265	0,01275	0,16667	0,018878	0,047195
$\frac{\text{Дюйм}^3}{\text{ч}}$	$\frac{\text{л}}{\text{ч}}$	$\frac{\text{US галлон}}{\text{ч}}$	$\frac{\text{Фут}^3}{\text{ч}}$	$\frac{\text{Баррель нефтяной}}{\text{ч}}$	$\frac{\text{Ярд}^3}{\text{ч}}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	$\frac{\text{US тонна}}{\text{ч}}$	$\frac{\text{Тонна регистровая}}{\text{ч}}$
$\frac{\text{inch}^3}{\text{hour}}$ $\frac{\text{in}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{litre}}{\text{hour}}$ $\frac{\text{l}}{\text{h}}$	$\frac{\text{US gallon}}{\text{hour}}$ $\frac{\text{gal}}{\text{h}}$	$\frac{\text{foot}^3}{\text{hour}}$ $\frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{barrel}}{\text{hour}}$ $\frac{\text{bbl}}{\text{h}}$	$\frac{\text{yard}^3}{\text{hour}}$ $\frac{\text{yd}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{meter}^3}{\text{hour}}$ $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{hour}}$ $\frac{\text{ton}}{\text{h}}$	$\frac{\text{register ton}}{\text{hour}}$ $\frac{\text{ton reg}}{\text{h}}$
$0,004555 \cdot 10^{-6}$	$0,0002777 \cdot 10^{-3}$	$0,00105 \cdot 10^{-3}$	$0,00786 \cdot 10^{-3}$	0,0000441	0,0002125	0,0002777	0,0003146	0,0007865



1 US галлон³/сек = 4 кварта³/сек = 8 пинта³/сек = $3,785 \cdot 10^{-3}$ м³/сек

7.1. Расход масс (массового расхода), кг/сек

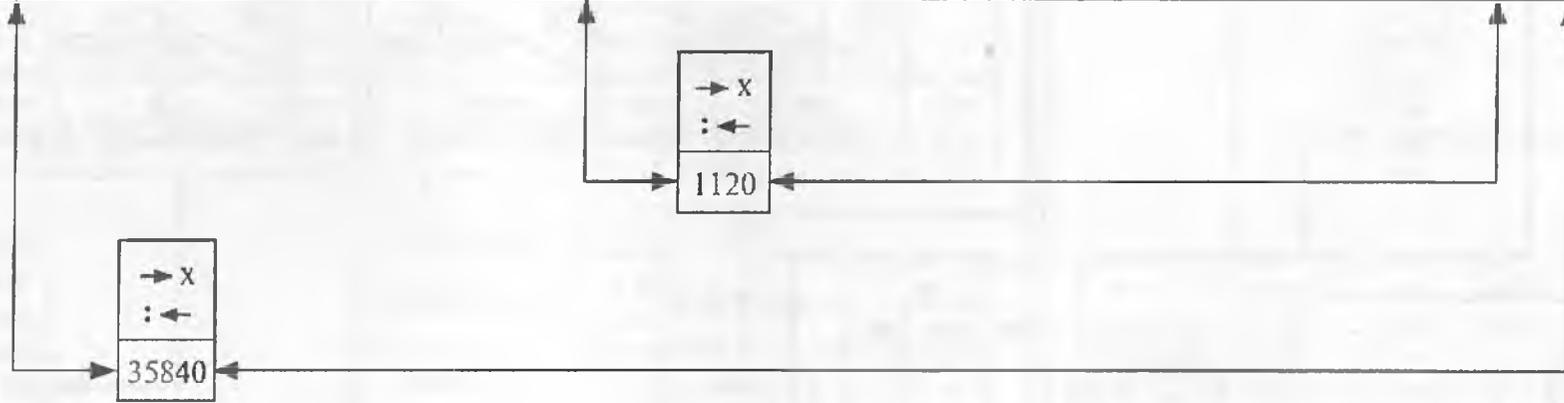
<u>Фунт русский</u> с	<u>Фунт торговый</u> с	<u>Килограмм</u> с	<u>US центнер</u> с	<u>UK центнер</u> с	<u>СИ центнер</u> с	<u>Тонна малая</u> с	<u>Тонна</u> с	<u>Тонна большая</u> с
$\frac{\text{pound}}{\text{second}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{s}}$	$\frac{\text{pound}}{\text{second}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{s}}$	$\frac{\text{kilogramme}}{\text{second}} \quad \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{second}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{s}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{second}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{s}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{second}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{s}}$	$\frac{\text{short ton}}{\text{second}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{s}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{second}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{s}}$	$\frac{\text{long ton}}{\text{second}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{s}}$
0,40951241	0,4535924	1,0	45,35924	50,80235	100	907,18486	1000	1010,04704
<u>Фунт русский</u> МИН	<u>Фунт торговый</u> МИН	<u>Килограмм</u> МИН	<u>US центнер</u> МИН	<u>UK центнер</u> МИН	<u>СИ центнер</u> МИН	<u>Тонна малая</u> МИН	<u>Тонна</u> МИН	<u>Тонна большая</u> МИН
$\frac{\text{pound}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{min}}$	$\frac{\text{pound}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{min}}$	$\frac{\text{kilogramme}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{kg}}{\text{min}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{min}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{min}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{min}}$	$\frac{\text{short ton}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{min}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{min}}$	$\frac{\text{long ton}}{\text{minute}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{min}}$
0,0068252	0,0075598	0,0166667	0,75598	0,84671	1,66667	15,12	16,667	16,834
<u>Фунт русский</u> Ч	<u>Фунт торговый</u> Ч	<u>Килограмм</u> Ч	<u>US центнер</u> Ч	<u>UK центнер</u> Ч	<u>СИ центнер</u> Ч	<u>Тонна малая</u> Ч	<u>Тонна</u> Ч	<u>Тонна большая</u> Ч
$\frac{\text{pound}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{h}}$	$\frac{\text{pound}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{lb}}{\text{h}}$	$\frac{\text{kilogramme}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{kg}}{\text{h}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{h}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{h}}$	$\frac{\text{hundredweight}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{cwt}}{\text{h}}$	$\frac{\text{short ton}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{h}}$	$\frac{\text{ton}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{h}}$	$\frac{\text{long ton}}{\text{hour}} \quad \frac{\text{ton}}{\text{h}}$
0,00011375	0,0001259	0,0002778	0,01259	0,01411	0,02778	0,252	0,2778	0,282



8. Сила, (Ньютон)

Дина дин	→ x : ←	Паундаль	→ x : ←	Унция- сила	→ x : ←	UK фунт-сила	→ x : ←	US тонна-сила	→ x : ←	US килограмм-сила кгс	→ x : ←	Тонна-сила	→ x : ←	UK тонна-сила	→ x : ←
dyn		poundal		ounce-force		pound-force		ton-force		kilogramme-force		ton-force		ton-force	
dyn		pdl		ozf		lbf		tf		kgf		tf		tf	
10 ⁻⁵		0,138255	2,011	0,278014	16	4,44822	2	8,89644	1,1	9,806 · 10 ³		9,806 · 10 ³		9,96403 · 10 ³	

Стэн = 10³ Н



Оглавление

Предисловие.....	3
Введение	5
Глава 1. Границы проектирования.....	11
Глава 2. Основные понятия АСУТП.....	60
Глава 3. Стадии и цена создания АСУТП.....	72
Глава 4. Контракт	136
Глава 5. Требования и исходные материалы по созданию АСУТП	154
Глава 6. Организация выполнения рабочего проекта.....	192
Глава 7. Производственная среда и условия труда персонала.....	233
Глава 8. Взрывоопасность оборудования АСУТП и СА	331
Глава 9. Электробезопасность	438
Глава 10. Единицы физических величин	483

Верстка

Юлия Левшова

Корректор

Людмила Устрикова

Флора Шагидинова

Оформление

Евгений Осипов

Подписано в печать 19.04.06. Формат 70×100 ¹/₁₆
Печать офсетная. Гарнитура «Ньютон». Объем 34,5 п. л.
Тираж 1000 экз. Заказ 58

ООО Издательство ДЕАН

191040, Санкт-Петербург, ул. Пушкинская, 10

Тел. (812) 712-27-40. Тел./факс (812) 764-52-85

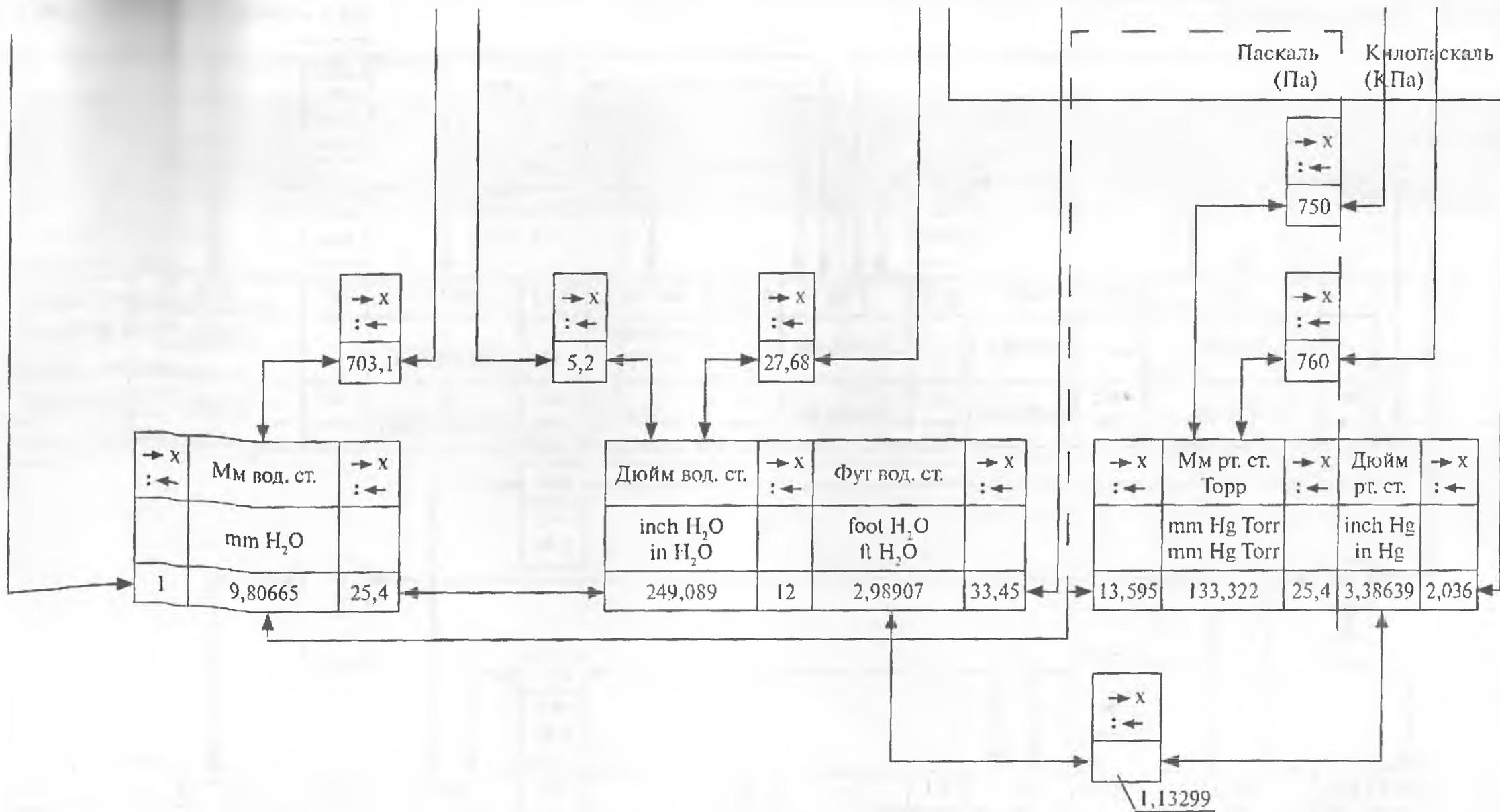
E-mail: dean@peterlink.ru

www.deanbook.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «ИПК «Бионт»»

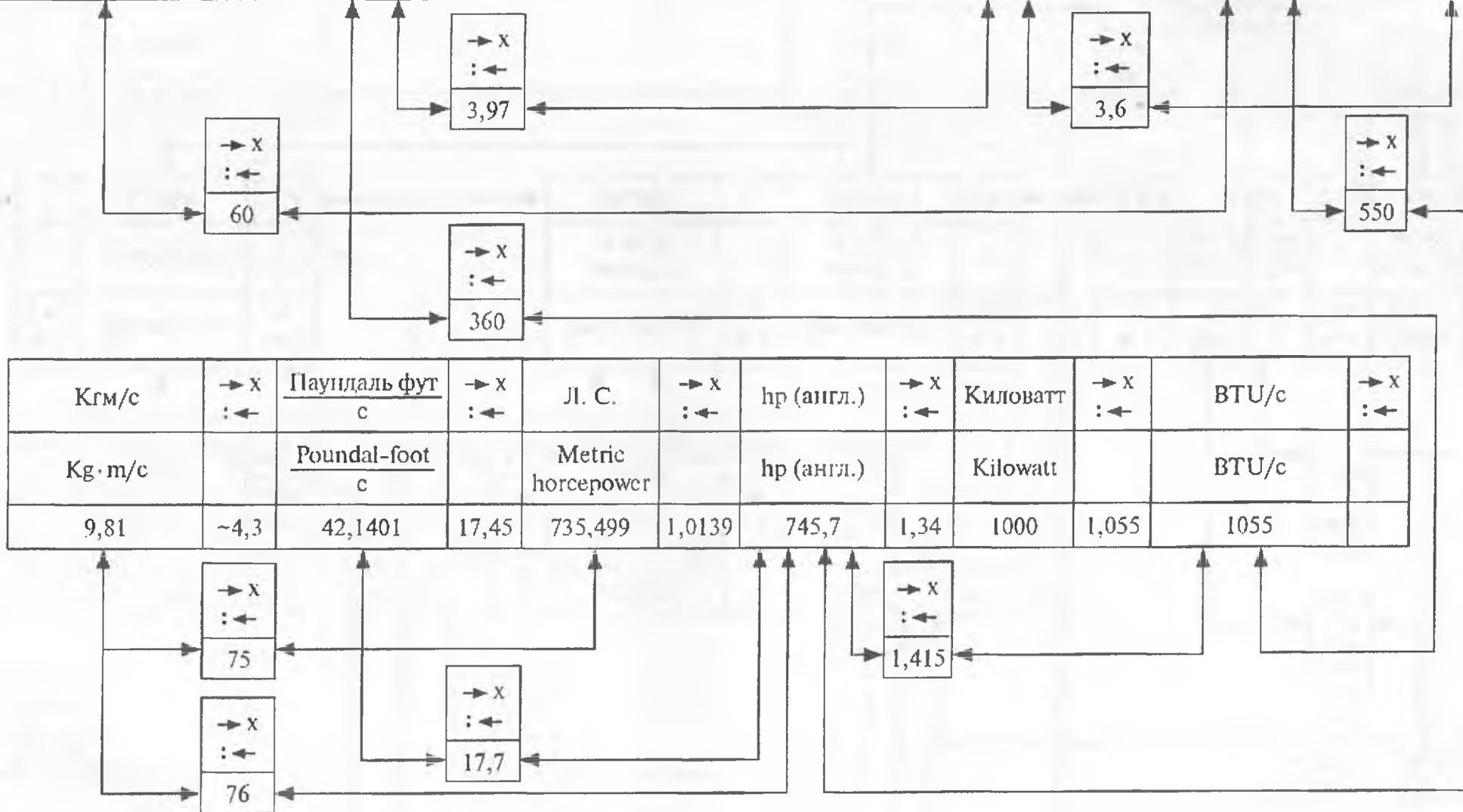
199026, Санкт-Петербург, Средний пр., ВО, д. 86

Тел.: (812) 322-68-43



10. Мощность

ЭРГ	→ x :←	Фунт сила фут мин	→ x :←	BTU/час	→ x :←	ВАТТ BT	→ x :←	Ньютон м/с Н·м/с	→ x :←	Ккал/час	→ x :←	Фунт сила фут с	→ x :←	Кал/с	→ x :←
ЭРГ		Pound-force-foot min		BTU/h		Watt		N·m/c		Kkal/h		Pound-force-foot с		Kkal/c	
10 ⁻⁷		0,022597	12,97	0,29307	3,41	1	2	1	1,1	1,163	1,166	1,35582	3,01	4,1868	~2,3



1 Ватт-1 Джоуль/с = 1 Н м/с = 1 ВА

11. Кинематическая вязкость (зависит от t и p)

Реперные точки/ (Registration points)	Шкалы/Scale				
	Цельсия (Celsi)	Кельвина (Kelvin)	Фаренгейта (Fahrenheit)	Ренкина (Rankin)	Реомюра (Reaumur)
Абсолютный ноль Absolute zero	-273,15	0	-459,67	0	-218,52
Точка замерзания воды Freezing-point of water	0	273,15	32	491,67	0
Точка кипения воды Boiling-point of water	100	373,15	212	671,67	80
Ноль градусов по Фаренгейту	-17,78	255,37	0	459,67	-14,22

Таблица 10.Т12

**Перечень единиц физических величин различных систем,
соотношения между которыми приведены в таблицах 10 главы**

Физическая величина	Вид и номер таблицы				Примечание
	«единица-единица» 10.Т8	«строки единиц» 10.Т9	«строка- графы» 10.Т10	«строка с пере- водным коэф- фициентом» 10.Т11	
Длина	1	1	1	1	
Площадь	2	2	2	2	
Объем (вместимость)	3.1, 3.2	3	3, 3.1, 3.2	3	3.1 – жидкости 3.2 – сыпучие
Время	4		4		
Скорость	5		5	4	
Угол	6.1, 6.2				6.1 – плоский 6.2 – телесный
Масса	7		6	5, 5.1, 5.2	5.1 – англ., США 5.2 – драгоценная
Плотность (удельный объем)	8	4	7	6	
Расход объемный	9		8	7	
Расход массовый (момент инерции)			8.1	7.1	
Сила, вес	10.1, 10.2	5	9	8	10.1 – сила 10.2 – момент силы
Давление	11	6	10	9	
Динамическая вязкость	12	7	11		
Кинематическая вязкость	13	8	12		
Работа (энергия, мощ- ность)	14, 15	9, 10	13, 14	10	
Температура	16	11	15	11	
Электрическая емкость	21				
Напряжение магнитно- го поля	18				
Магнитная индукция	19				
Магнитный поток	20				
Магнитодвижущая сила	17				
Электрическое сопротив- ление	22.1, 22.2				22.1 – погонная 22.2 – удельная
Освещенность	23				
Яркость	24				

Таблица 10.Т13

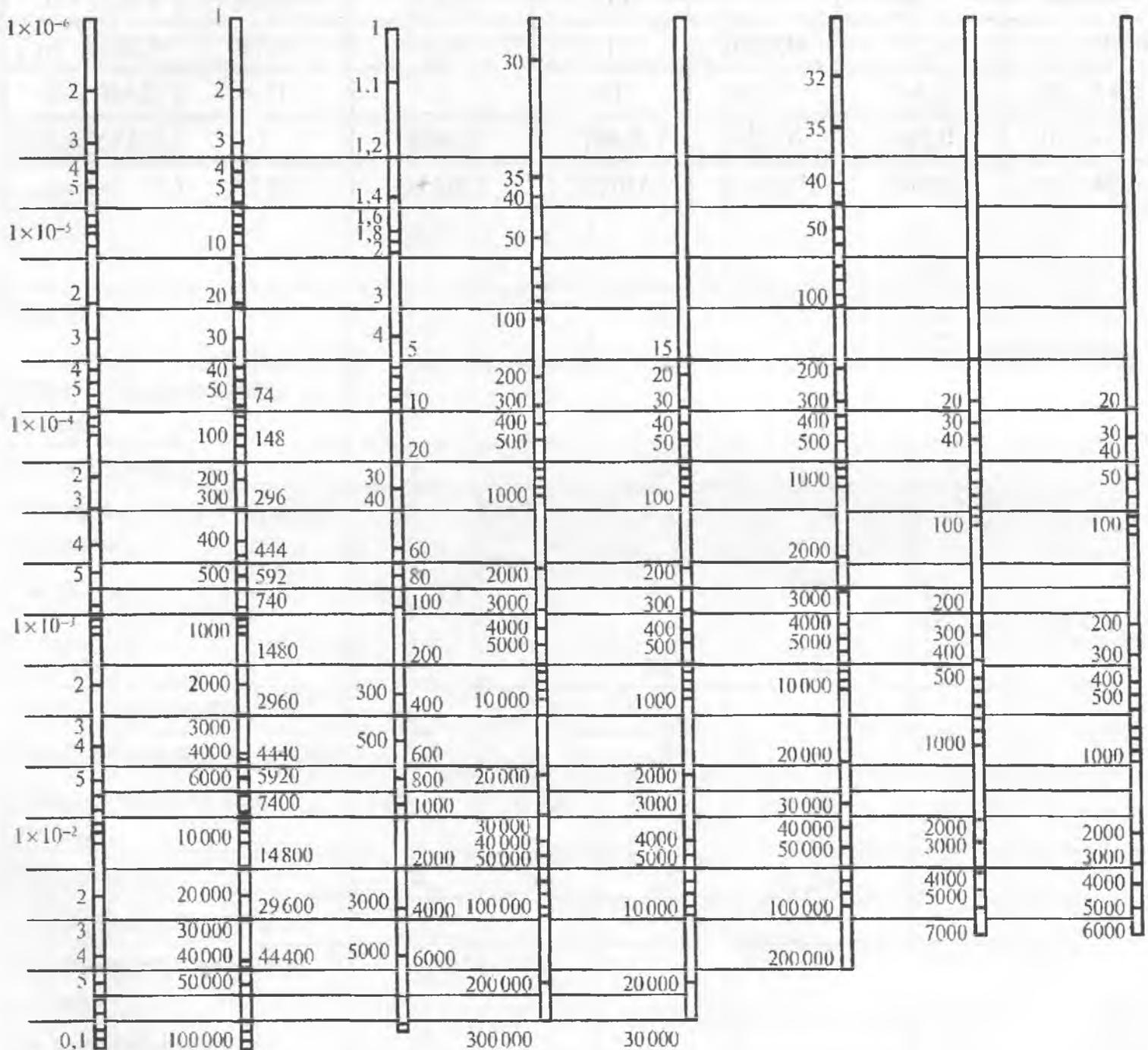
Кинематическая вязкость
(соотношение действует при значениях выше 60 сСт)

Единица СИ, м ² /с	Сантистокс, сСт(мм ² /с)	Градус Энглера. °Е (°ВУ)	Секунда Рейвуда 1 (стандарт)	Секунда Рейвуда 2 (адмиральская)	Секунда универсальная Сейболта	Фут ² /с
1	1×10 ⁶	0,132×10 ⁶	4,05×10 ⁶	0,405×10 ⁶	4,62×10 ⁶	10,764
1×10 ⁻⁶	1	0,132	4,05	0,405	4,62	1,0764×10 ⁻⁵
7,58×10 ⁻⁶	7,58	1	30,7	3,07	35,11	8,1591×10 ⁻⁵
0,247×10 ⁻⁶	0,247	0,0326	1	0,1	1,14	0,2659×10 ⁻⁵
2,47×10 ⁻⁶	2,47	0,326	10	1	11,4	2,659×10 ⁻⁵
0,216×10 ⁻⁶	0,216	0,0285	0,887	0,0887	1	0,2325×10 ⁻⁵
9,29×10 ⁻²	92903	12263,2	376257	37625,7	429212	1

Схема 10.Сх1

Номограмма для пересчета значений кинематической вязкости в различных единицах

Единица СИ, (м ² /с)	Сантистокс, сСт (мм ² /с)	Градус Энглера, °Е (°ВУ)	Секунда Редвуда 1 (стандарт)	Секунда Редвуда 2 (адмиральская)	Секунда универсальная Сейболта	Секунда Форда 4	Секунда ДИН 4
SI unit, (m ² /sec)	Centistokes, cSt (mm ² /s)	Engler degrees, °E	Seconds Redwood 1 (standart)	Seconds Redwood 2 (admiralty)	Seconds Saybolt Universal	Seconds Ford cup	Seconds DIN cup

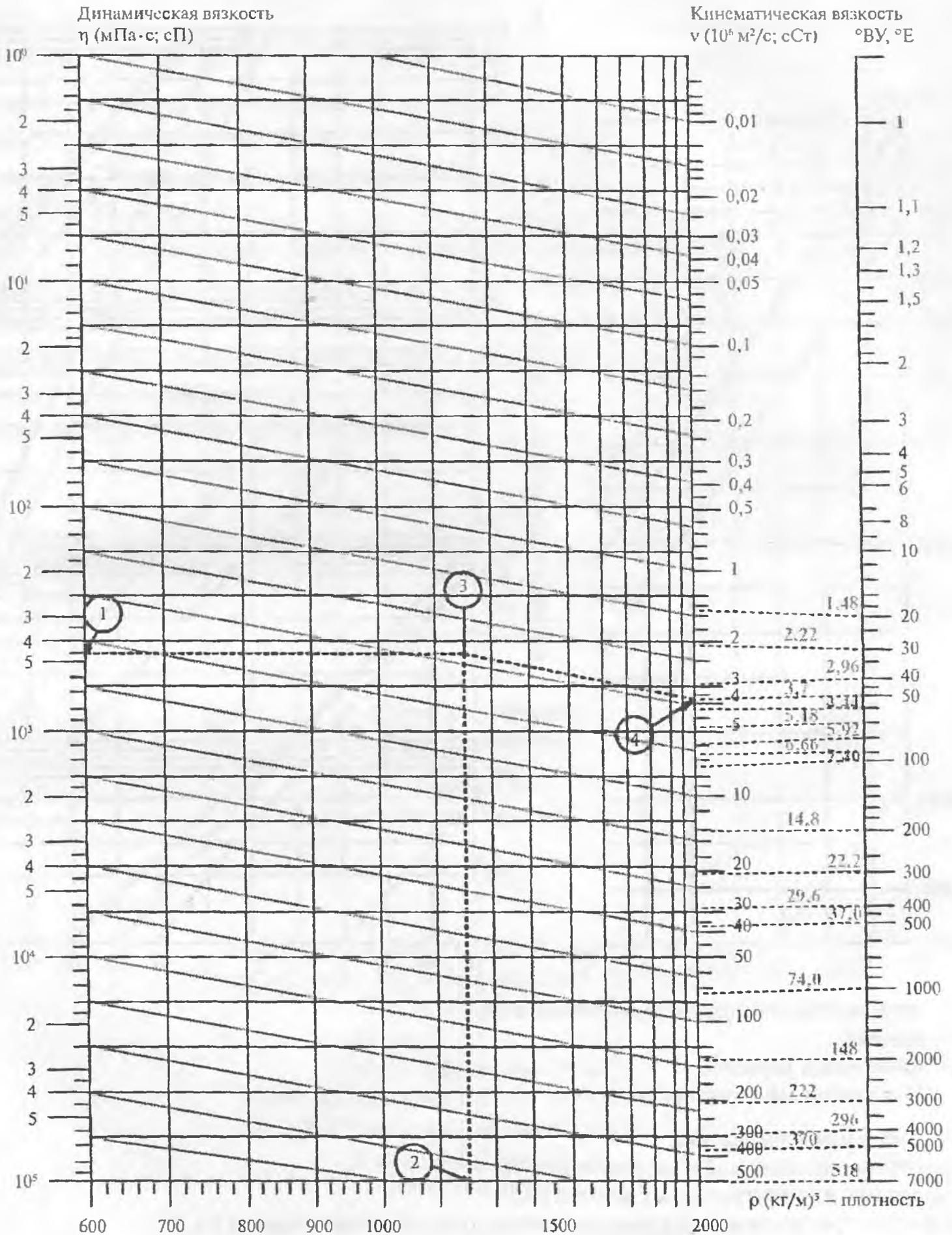


Примечание.

Номограмма приведена по справочнику "European pumps & pumping", раздел 17.2.16.

Схема 10.Сх2

Номограмма для пересчета значений динамической вязкости в кинематическую



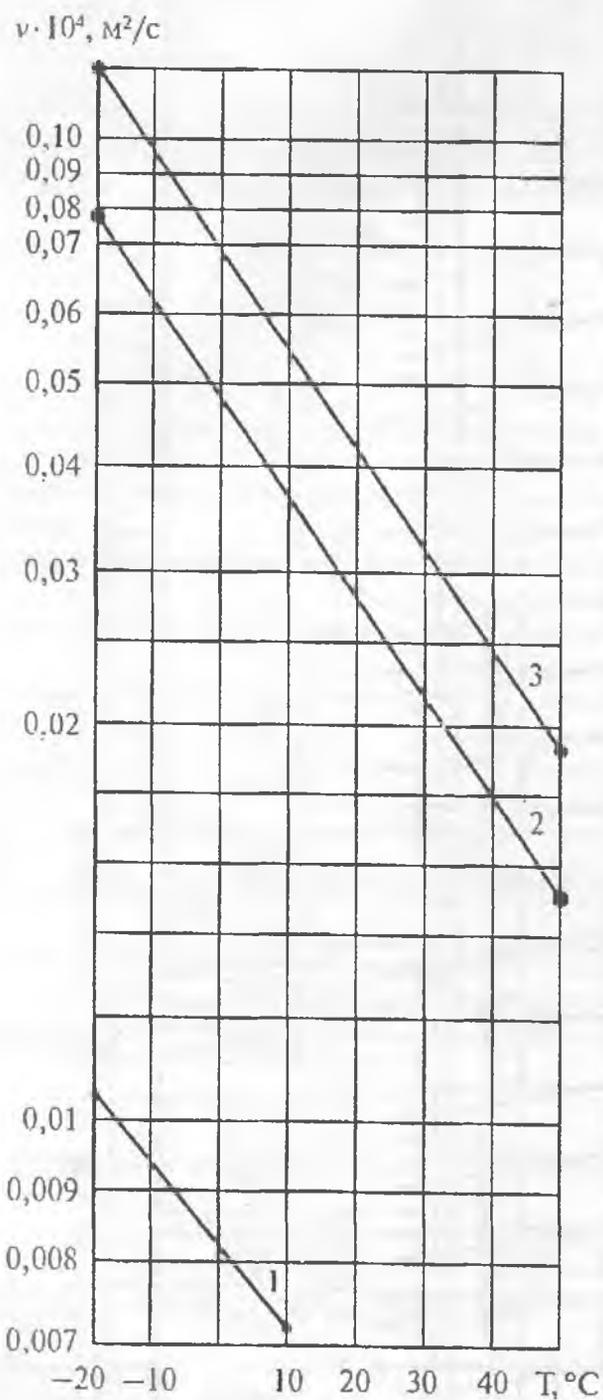
Порядок действий пользования номограммой:

- ① – значение динамической вязкости, η →
- ② – значение плотности, ρ ↑
- ③ – точка пересечения ① и ②
- ④ – значение кинематической вязкости, ν

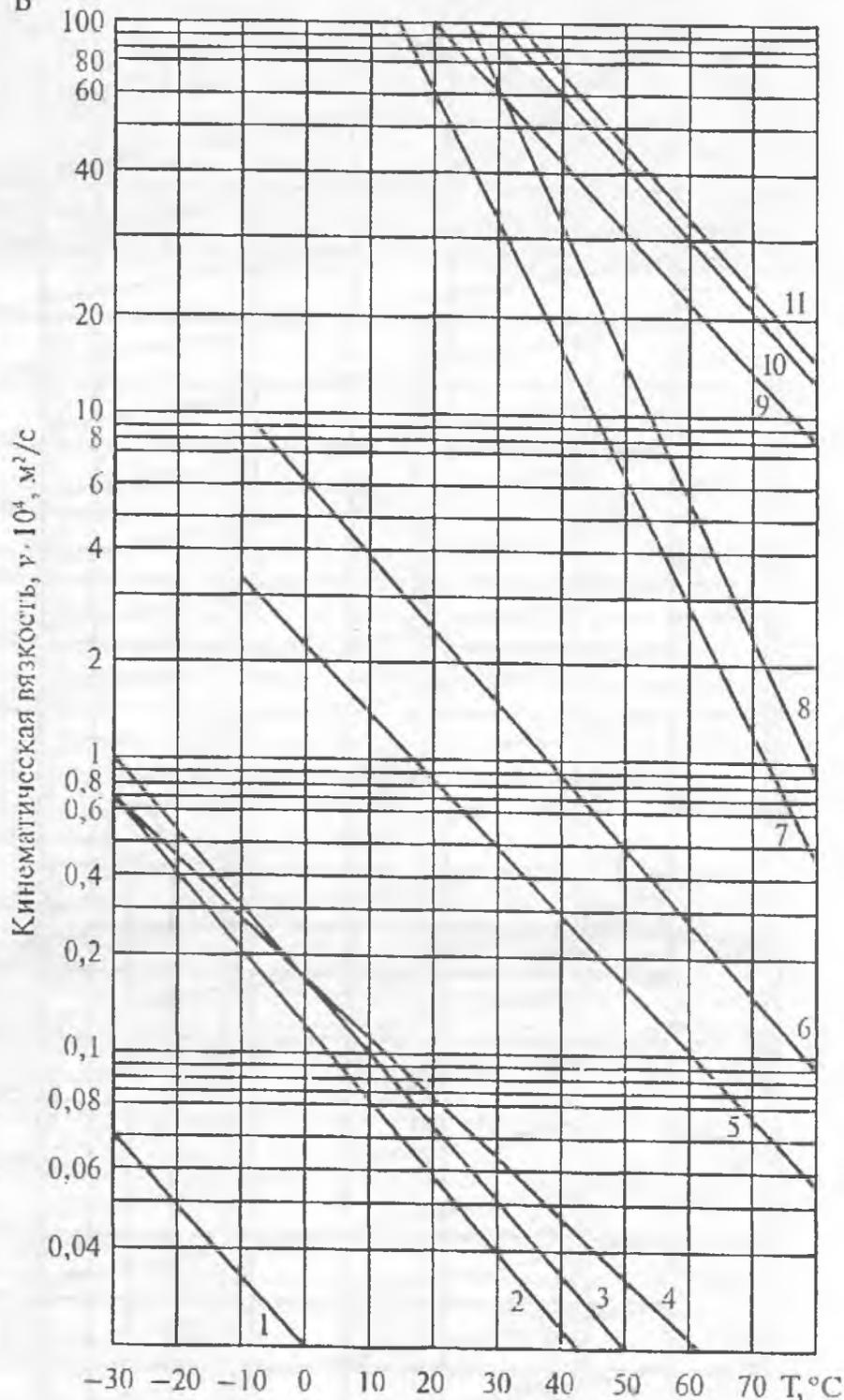
Схема 10.Сх3

Зависимости кинематической вязкости некоторых нефтепродуктов от температуры

А



Б



А — легко воспламеняющиеся нефтепродукты

1 — бензин;

2 — тракторный керосин;

3 — осветительный керосин

Б — нефть и нефтепродукты

1 — топливо дизельное ДЗ и авиационное ТС-1;

2 — топливо для быстроходных дизелей ДЛ;

3-4 — топливо дизельное для автотракторных дизелей соответственно З и Л;

5-6 — масла индустриальные соответственно ИС-12 и ИС-20;

7-8 — мазут топочный 40 и 100;

9, 10 и 11 — масла турбинные соответственно 22(Л), 20 и 46.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение	5
Глава 1. Границы проектирования.....	11
Глава 2. Основные понятия АСУТП.....	60
Глава 3. Стадии и цена создания АСУТП.....	72
Глава 4. Контракт	136
Глава 5. Требования и исходные материалы по созданию АСУТП.....	154
Глава 6. Организация выполнения рабочего проекта.....	192
Глава 7. Производственная среда и условия труда персонала.....	233
Глава 8. Взрывоопасность оборудования АСУТП и СА	331
Глава 9. Электробезопасность	438
Глава 10. Единицы физических величин	483

Верстка

Юлия Левшова

Корректор

Людмила Устрикова

Флора Шагидинова

Оформление

Евгений Осипов

Подписано в печать 19.04.06. Формат 70×100 ¹/₁₆
 Печать офсетная. Гарнитура «Ньютон». Объем 34,5 п. л.
 Тираж 1000 экз. Заказ 58

ООО Издательство ДЕАН

191040, Санкт-Петербург, ул. Пушкинская, 10

Тел. (812) 712-27-40. Тел./факс (812) 764-52-85

E-mail: dean@peterlink.ru

www.deanbook.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «ИПК «Бионт»»

199026, Санкт-Петербург, Средний пр., ВО, д. 86

Тел.: (812) 322-68-43