

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

краткий курс лекций

**Специальность
20.05.01 Пожарная безопасность**

Саратов 2016

Пожарная безопасность технологических процессов: краткий курс лекций для студентов специальности 20.05.01 Пожарная безопасность / Сост.: Д.Г. Горюнов, С.А. Анисимов // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 85 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «**Пожарная безопасность технологических процессов**» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов специальности 20.05.01 Пожарная безопасность.

Введение

Технологический процесс – это процесс, который совершается под контролем и с участием человека, и предназначенный для переработки сырья в готовые изделия и предметы потребления. Любой технологический процесс ведется при строго определенных параметрах и в определенном порядке, указанных в технологическом регламенте.

Технологический регламент является основным документом ведения технологического процесса. Технологический регламент разрабатывается проектировщиками при разработке проекта, а при изменении технологии на существующем производстве - разрабатывается технологами. В технологическом регламенте изложены свойства веществ, обращающихся в процессе, оборудование процесса и параметры его работы, порядок загрузки и выгрузки веществ, контроль за производством и т. д.

Охрана труда – это система законодательных актов, социально-экономических, организационно-технических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека.

Техника безопасности – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов. Техника безопасности связана с пожарной безопасностью при решении следующих основных вопросов:

- организация безопасности труда;
- выявление причин возникновения пожаров, взрывов;
- определение пожаро-взрывобезопасности веществ и материалов;
- классификация помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной опасности;
- определение безопасности зданий и сооружений;

- определение безопасности технологического оборудования;
- электробезопасность.

Краткий курс лекций по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов» составлен в соответствие с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность».

1 лекция

Введение в курс "Пожарная безопасность технологических процессов".

В различных сферах производства используется и перерабатывается *большое количество горючих и взрывоопасных материалов*. Интенсификация взрывоопасных производств обусловила необходимость повышения (приближения к критическим значениям) таких важных параметров как давление, температура, соотношение горючих компонентов с окислителем и др., при этом неизбежно возрастает опасность взрывов большой силы, пожаров, *приводивших к травмам* и гибели обслуживающего персонала, *наносящих* значительный материальный ущерб.

Анализ крупных аварий показывает, что при взрывах больших объемов парогазовых выбросов, разрушению подвергаются не только здания и сооружения самих производственных объектов, но и близлежащих жилых массивов. Создаются значительные трудности локализации аварий, а традиционные технические средства противопожарной службы по их предупреждению оказываются малоэффективными.

Недостаточная эффективность обеспечения пожарной безопасности производств обусловлена, прежде всего, отсутствием аналитической количественной оценки пожаровзрывоопасности производств при проектировании, строительстве, регистрации, ремонте и эксплуатации.

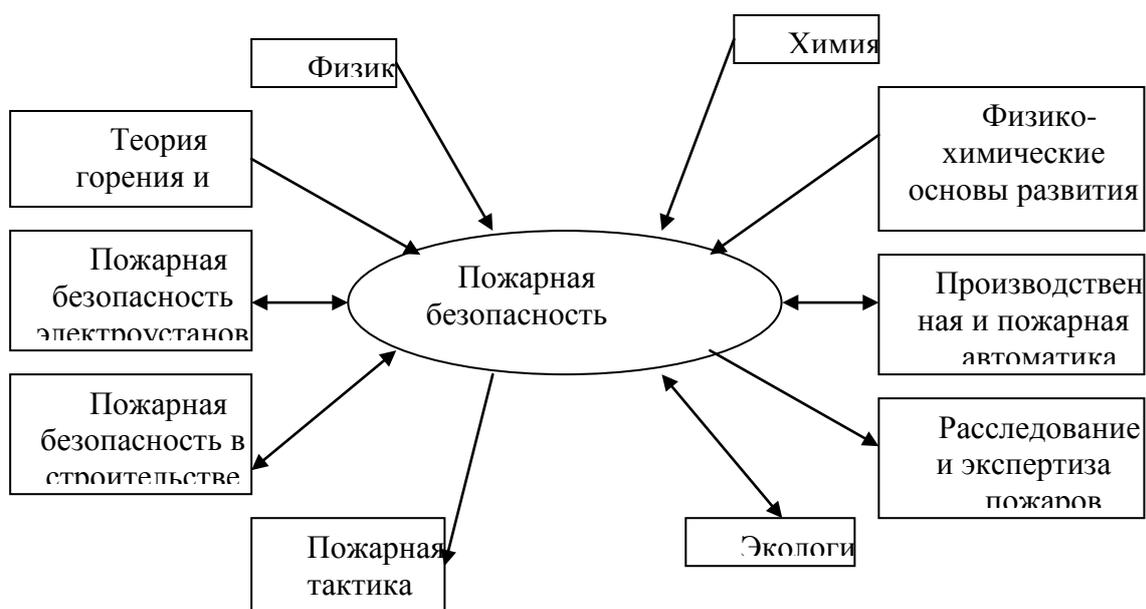
Отраслевые правила пожаровзрывоопасности производств не в полной мере отражают особенности защиты конкретных производств от пожаров и взрывов. Поэтому углубленное изучение характерных опасностей типовых технологических процессов является наиболее рациональным направлением в разработке эффективной пожаровзрывозащиты.

Вопрос 1. Цель и задачи курса ПБТП. Основные термины и определения.

Учебная дисциплина «Пожарная безопасность технологических процессов» является специальной, профилирующей и рассчитана на подготовку инженерных кадров для Государственной противопожарной

службы МЧС России. Научной базой дисциплины являются такие предметы, как химия, физика, теплотехника, теория горения и взрыва, физико-химические основы развития и тушения пожаров.

Структурно-логическая схема изучения дисциплины
Пожарная безопасность технологических процессов



Цель учебной дисциплины — формирование у обучаемых необходимых знаний, умений и навыков по обеспечению пожарной безопасности технологических аппаратов, процессов и промышленных технологий.

Основные задачи учебной дисциплины — изучить:

- причины и условия образования горючей среды внутри технологического оборудования, в производственных помещениях и на открытых технологических площадках;

- причины повреждения технологических аппаратов и трубопроводов;
- причины и условия самопроизвольного возникновения горения и вынужденного зажигания горючих смесей и отложений при проведении технологических процессов;
- причины и условия, способствующие быстрому развитию пожаров на промышленных объектах;
- типовые мероприятия и технические решения по исключению условий возникновения и распространения пожаров на промышленных объектах;
- основные принципы, заложенные в систему категорирования помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
- методы анализа пожаровзрывоопасности технологий производств;
- требования нормативных документов, регламентирующих пожарную безопасность типовых технологических процессов и промышленных технологий.

Дисциплина предусматривает чтение лекций, проведение семинаров, лабораторных работ, а также практических занятий в аудиториях и на объектах с обязательными элементами инженерных расчетов и защитой отчетов.

По окончании изучения дисциплины выпускник должен

знать:

- пожарную опасность основных технологических процессов и производственного оборудования;
- требования государственных стандартов, норм и правил, регламентирующих пожарную безопасность технологий производств;
- типовые технические решения, обеспечивающие пожарную безопасность технологических процессов;

- методики инженерных расчетов по обоснованию факторов пожарной опасности и требуемых средств противопожарной защиты при эксплуатации технологического оборудования;

уметь применять:

- нормативно-правовые акты, регламентирующие пожарную безопасность предприятий;
- методы анализа пожарной опасности технологических процессов и разработки мер их противопожарной защиты при проектировании и эксплуатации производственных объектов;
- методы оценки поведения технологического оборудования в условиях пожара и обеспечения пожаровзрывобезопасности типовых технологических процессов;

иметь представление:

- об организации и функционировании Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- о государственной экспертизе, контроле (надзоре) в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

При изучении дисциплины используется передовой опыт деятельности органов Государственного пожарного надзора по проверке соблюдения требований пожарной безопасности на объектах контроля (надзора). Закрепляются полученные знания в период стажировки в должности инспектора Государственного пожарного надзора и инженера отряда.

На изучение дисциплины отводится 315 ч. Из них 234 часа аудиторных занятий (лекции – 72 ч., практические занятия – 136 ч., лабораторные работы – 20 ч., индивидуальные занятия – 2 ч.) и 81 час самостоятельной работы.

Формами итогового контроля по дисциплине являются: экзамен в 7-м семестре, курсовой проект и зачет в 8-м семестре, экзамен в 9-м семестре.

Следует подчеркнуть, что эффективное изучение учебной дисциплины "Пожарная безопасность технологических процессов" позволит *слушателю в полной мере отвечать требованиям*, предъявляемым к специалистам – инженерам пожарной безопасности.

Основные термины и определения.

Терминология происходит от латинского – *предел* и греческого - *понятие, учение*.

Терминология – это совокупность терминов – слов и сочетаний, обозначающих определенные понятия в противопожарной службе. Терминология противопожарной службы соответствует достигнутому уровню развития знаний и отражает многообразие специфических понятий, закрепленных действующими нормативными документами (СНиП, ГОСТ, наставление, устав, нормы технологического проектирования и т.д.), охватывая особенности пожарного дела. Терминология противопожарной службы пополняется за счет слов общенародного языка, заимствований из других областей знаний и других языков. Лексика применяется в противопожарной службе кроме официальных терминов, включает их неофициальные эквиваленты.

В данной лекции мы ограничиваемся основными терминами, используемыми в противопожарной службе, которые не в полном объеме отражают весь спектр терминов и определений, используемых в противопожарной службе.

Пожар - процесс характеризующийся социальным (или) экономическим ущербом в результате воздействия на людей и (или) материальные ценности факторов термического разложения и (или) горения, развивающегося вне специального очага, *а также применяемых огнетушащих веществ*.

В других источниках под пожаром принимается горение, способное самостоятельно распространяться вне **специального предназначенного для этого места**, приводящее к травмированию, гибели людей, либо уничтожению, повреждению материальных ценностей и иным убыткам.

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него.

Уровень пожарной опасности – количественная оценка возможного ущерба от пожара.

ГОСТ 12.1.004-91 устанавливает порядок расчета уровня обеспечения пожарной безопасности людей, вероятности воздействия ОФП на людей и обоснование требований к эффективности систем обеспечения пожарной безопасности людей.

Этим же ГОСТом установлена методика определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожароопасном объекте и оценки экономической эффективности систем пожарной безопасности с соответствующими примерами расчетов

Отказ системы (элементов) пожарной безопасности – отказ, который может привести к возникновению предельнодопустимого значения ОФП в защищаемом объеме объекта.

Пожароопасный отказ комплектующего изделия – отказ комплектующего изделия, который может привести к возникновению ОФП.

Объект (объект защиты) – объект, требующий применения средств и способов для предотвращения возникновения, развития и ликвидации пожара.

Устойчивость объекта при пожаре – свойство объекта предотвратить воздействие на людей и материальные ценности ОФП и их вторичных проявлений.

В тоже время под устойчивостью объекта при пожаре следует понимать способность объекта выполнять свои функции и сохранять основные параметры в пределах установленных норм при воздействии ОФП и вторичных их проявлений. Устойчивость объекта при пожаре достигается применением при проектировании строительных конструкций материалов, созданием надежной системы СПП, СПЗ и организационно-техническими мероприятиями.

Источник зажигания – средство энергетического (теплового) воздействия, инициирующее возникновение горения, с параметрами достаточными для воспламенения горючей среды.

Вероятность возникновения источников зажигания принимают равной нулю в следующих случаях:

- если источник не способен нагреть вещество выше 80% значение температуры самовоспламенения вещества или температуры самовозгорания вещества, имеющему склонность к тепловому самовозгоранию.

- если энергия, передающая тепловым источникам горючему веществу (паро-, газо-, пылевоздушной смеси) ниже 40 % минимальной энергии зажигания;

если за время остывания теплового источника он не способен нагреть горючие вещества выше температуры воспламенения;

Горючая среда – среда, способная после поджигания самостоятельно гореть **после удаления источника зажигания.**

Пожарная опасность объекта – возможность причинения ущерба ОФП, в том числе их вторичными проявлениями.

Предельно допустимое значение ОФП – значение ОФП, воздействие которого на человека в течение критической продолжительности пожара не приводит к травме, заболеванию или отклонению в состоянии здоровья в течение нормативно установленного времени, а воздействие на материальные ценности не приводит к потере устойчивости объекта при пожаре.

Критическая продолжительность пожара - время, в течение которого достигается предельно допустимое значение ОФП в установленном режиме его изменения.

Горючесть (возгораемость) – способность вещества (материала) к распространению пламени или тлению.

Термины и определения по противопожарной службе установлены ГОСТом 12.1.033, а также различными энциклопедическими справочниками. В дальнейшем применение терминов будет рассматриваться на конкретных примерах в области пожарной безопасности технологических процессов.

Изучение данного вопроса базируется на нормативных правовых и нормативных документах по пожарной безопасности.

Основными руководящими документами являются:

- ГОСТ 12.1.004-91;
- ГОСТ 12.1.094-89;
- ГОСТ Р 12.3.047-98

Эти ГОСТы должны быть в качестве настольной литературы у каждого курсанта и использовать их на каждом практическом занятии .

Нормативные документы разрабатываются следующими организациями:

а) ГОССТРОЙ РФ – разрабатывает СНиПы, которые являются обязательными к исполнению;

б) ГОССТАНДАРТ – разрабатывает ГОСТы на различные виды деятельности , продукцию , изделия , комплектующие материалы и т.д.ГОСТ – является документом обязательным для исполнения всех предприятий и министерств;

в) ГОСГОРТЕХНАДЗОР РФ – разрабатывает документы по промышленной безопасности, в том числе и по пожарной безопасности опасных промышленных объектов;

г) МЧС России – разрабатывает правила пожарной безопасности и участвует в разработке всех нормативных документов в области пожарной безопасности.

д) ВЕДОМСТВА – разрабатывают нормы технологического проектирования и противопожарные требования для специальных объектов.

Вопрос 2. Общие сведения о пожарной безопасности производственного объекта.

Для оценки уровня пожарной опасности используется принцип "треугольника", т.е. возникновение пожара возможно при наличии – ГС – ИЗ – О₂. Однако анализ ПО производственных объектов включает в себя изучение или исследование не только этих основных условий пожара, но и:

- условия образования горючей среды;
- условия возможного самопроизвольного возникновения горения (самовозгорания, самовоспламенения);
- наличие потенциальных источников зажигания;
- условия вынужденного зажигания;
- условия для распространения пожара;
- анализ физико-химических свойств горючей среды;
- анализ физико-химических свойств окислителя и т.д.

При рассмотрении, например, наличия окислителя следует четко себе представить, что в качестве окислителя может использоваться не только кислород воздуха, но и другие окислители, определяющие технологический процесс производства. Такими окислителями могут быть жидкий кислород, концентрированная перекись водорода, хлор, азотная кислота и ее окись, фтор, фосфор и т.д.

В настоящее время существуют проблемы совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности производственных объектов, включая такие направления:

- инфраструктурная сущность противопожарной службы в целом;
- правовые аспекты;
- организационно-управленческие аспекты;
- инженерно-технические аспекты и т.д.

Следует отметить, что понятие "пожарная опасность", а, следовательно, принципы и методы ее оценки многогранно и неопределенно. Понятие "пожарная опасность" производственных объектов и технологических систем можно трактовать:

- как вероятность возникновения пожара, т.е. как сравнительную опасность по частоте случаев возникновения пожара за единицу времени (год, месяц) или по количеству пожаров на число объектов за год:

- как мера тяжести моральных, социальных последствий пожара на объекте;
- как степень опасности последствий пожара или сопутствующих ему явлений, мера опасности которых выше, чем мера опасных факторов пожара;
- как мера материального ущерба.

Поэтому понятие "пожарная опасность" и принципы ее оценки следует рассматривать с трех точек зрения.

1. С точки зрения вероятности возникновения ПО, обусловленной физико-химическими и инженерно-техническими факторами.

2. С точки зрения сложности инженерной и боевой обстановки на пожаре, определяющей масштаб и сложность боевой работы по его ликвидации.

3. С точки зрения рекомендаций комплекса профилактических, организационно-технических и оперативно-технических мероприятий по снижению этих аспектов понятия "пожарной опасности".

Иными словами, для обеспечения пожарной безопасности производственных объектов можно дать следующие общие рекомендации:

- для снижения ПО любого производственного объекта следует применять максимум профилактических, конструктивно-технологических, организационных мероприятий, направленных на недопущение возникновения пожара;

- на случай, если пожар все-таки возник, необходимо для снижения интенсивности его развития локализовать зоны горения и задымления, предусматривать конструктивно-планировочные и технологические решения;

- для тушения и активной локализации пожара необходимо предусматривать комплекс мероприятий на основе специальных технологических приемов, АСПП, АСПЗ и т.д.

Пожарная безопасность производственного объекта должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара (СПП),
- системой противопожарной защиты,
- организационно-техническими мероприятиями (ОТМ).

Система пожарной безопасности должна характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей с учетом всех стадий:

- научная разработка;
- проектирование;
- строительство;
- эксплуатация

и выполнять одну из следующих задач:

- исключить возможное возникновение пожара;
- обеспечивать ПБ людей;
- обеспечивать ПБ материальных ценностей;
- обеспечивать ПБ одновременно людей и материальных ценностей.

Объекты должны иметь системы ПБ, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара (ОФП), в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

Требуемый уровень обеспечения ПБ людей с помощью использования СПП, СПЗ и ОТМ должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия ОФП в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень ПО для людей *должен быть не более 0,000001 воздействия ОФП, превышающих допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.*

Объекты, пожары на которых могут привести к массовому поражению людей, находящихся на этом объекте и окружающей территории, возникновению опасных и вредных производственных факторов (по ГОСТ 12.0.003), а также ОФП и их

вторичных проявлений, должны иметь системы ПБ, обеспечивающие минимально возможную вероятность возникновения пожара.

Объекты, отнесенные к соответствующим категориям по ПО согласно нормам технологического проектирования (НТП) для определения категорий помещений и зданий по пожаровзрывоопасности, должны иметь экономически эффективные СПБ.

Опасными факторами пожара, воздействующими на людей и материальные ценности являются:

пламя и искры;

повышенная температура окружающей среды;

токсичные продукты горения и термического разложения;

пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям ОФП относятся:

опасные разрушения аппаратов и конструкций;

радиоактивные и токсичные вещества, вышедшие из разрушенных аппаратов;

электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части аппаратов и конструкций;

опасные факторы взрыва (ГОСТ 12.1.10), происшедшего вследствие пожара;

огнетушащие вещества.

Классификация объектов по взрывопожарной опасности должна производиться с учетом допустимого (требуемого) уровня их опасности с учетом массы горючих и трудногорючих веществ и материалов, находящихся на объекте и возможного ущерба для людей и материальных ценностей.

Вероятность возникновения пожара от электрического или другого единичного изделия или оборудования при их разработке, проектировании и изготовлении не должна превышать 0,000001 в год. Значение величины допустимой вероятности пожара при применении изделия на объектах должна устанавливаться расчетом (ГОСТ 112.1.004-91, приложение 5).

Пожар и взрыв по своей химической сущности представляет собой *процесс горения*. При горении происходит окисление горючего вещества. Окислителем чаще всего является кислород воздуха, в качестве окислителя могут быть и другие вещества (хлор, азотная кислота, концентрированная перекись водорода, фтор и т.д.). Чтобы

горючее вещество воспламенилось, необходимы определенное количество окислителя и наличие теплового источника зажигания.

Только одновременное сочетание всех трех факторов – горючее вещество, окислитель и источник зажигания, может вызвать горение.

Сочетание горючего вещества с окислителем принято называть горючей средой. Горючая среда и источник зажигания имеет им присущие свойства, которые необходимо учитывать при анализе ПО

При анализе пожаровзрывоопасности технологических систем (элементов) процессов производства необходимо учитывать следующее.

1. Основные физико-химические и пожароопасные свойства веществ, их количество:

- для жидкостей – химический состав, температуру кипения, плотность паров по воздуху, температуру вспышки, для ЛВЖ с $T_{всп} = 61^{\circ}\text{C}$ в открытом тигле и $T_{всп} = 66^{\circ}\text{C}$ в закрытом тигле). Концентрационные пределы распределения пламени, температуры воспламенения и самовоспламенения, способность к самовозгоранию, способность к образованию статистического электричества, теплота горения, токсичность, огнетушащие средства для их тушения;

- для газов – химический состав, нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, температура самовоспламенения, теплота горения, плотность по отношению к воздуху, токсичность, огнетушащие средства для их тушения;

- для твердых веществ – химический состав, группа горючести (негорючие, трудногорючие, горючие), температура воспламенения, температура самовоспламенения, склонность к самовозгоранию, теплота горения, токсичность продуктов термического разложения и горения, огнетушащие средства для их тушения; для твердых веществ с температурой плавления ниже 300°C дополнительно должна быть выставлена температура плавления и вспышки;

- для порошкообразных веществ и пыли должны быть данные о величине нижнего концентрационного предела воспламенения аэрозвеси.

2. Пожаровзрывоопасность среды внутри производственного оборудования с учетом свойств веществ режимов работы аппаратов.

3. Возможные причины выхода горючих веществ наружу из аппаратов, резервуаров, трубопроводов и т.д., т.е. выявить возможные причины повреждений и аварий аппаратов и к каким последствиям это может привести.

4. Причины появления источников зажигания и возможность их контакта с горючими веществами.

5. Возможные причины и пути развития начавшегося пожара;

По всем рассмотренным вопросам необходимо определить организационно-технические мероприятия по противопожарной защите.

Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться одним из следующих способов или их комбинаций:

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- максимально возможным, по условиям технологии и строительства, ограничением массы и (или) объема горючих веществ и наиболее безопасным способом их размещения;
- изоляцией горючей среды;
- поддержанием безопасности концентрации среды в соответствии с нормами и правилами другими нормативно-техническими документами и правилами безопасности;
- достаточной концентрацией флегматизатора в воздухе защищаемого объема (его составной части);
- поддержанием температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов;
- установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолирующих помещениях или на открытых площадках;
- применение устройств защиты технологических систем (элементов) с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих, отсекающих и других устройств.

Предотвращение образования в горючей среде (ГС) источников зажигания (ИЗ) должно достигаться применением следующих способов или их комбинаций:

- применением машин, устройств, оборудования при эксплуатации которых не образуются ИЗ;

- применением электрооборудования в соответствии с ГОСТ 12.1.011 и ПУЭ;

- применением в конструкции быстродействующих средств отключения возможных ИЗ.

- применением технологического процесса и оборудования, отвечающим требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018.

- устройством молниезащиты;

- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, веществ, которые могут войти в контакт с ГС, ниже предельно допустимой, составляющей 80% наименьшей температуры самовоспламенения горючего;

- исключением возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания;

- применением неискрящего инструмента при работе с ЛВЖ и горючими газами;

- ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания образующих веществ, материалов, изделий и конструкций;

- устранением контактов с воздухом пирофорных веществ;

- уменьшение определяющего размера ГС ниже предельного по горючести;

- строгое выполнение действующих строительных норм, правил и стандартов.

Ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов, а также наиболее безопасный способ их размещения должны достигаться:

- уменьшением массы и (или) объема горючих веществ и материалов, находящихся одновременно в помещении или на открытых площадках;

- устройством аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;

- очисткой территории от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т.д.;

- удалением пожароопасных отходов производства;

- заменой ЛВЖ и ГЖ на пожаробезопасные моющие средства.

Пожаровзрывоопасность производства в наибольшей степени обусловлена и зависит физико-химическими свойствами применяемого сырья, конечных и побочных продуктов.

По показателям пожаровзрывоопасности и параметрам при проектировании и эксплуатации технологических процессов определяют уровень пожаровзрывоопасности объектов, а также осуществляется прогноз возможных аварий.

В соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 установлены следующие показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов, представленные в табл.1.

Таблица 1.

Номенклатура и применяемость показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов

Показатели	Применяемость показателей			
	газов	жид- костей	тверде ещ-в	пылей
Группа горючести	+*	+*	+*	+*
Температура вспышки	-	+*	+	-
Температура воспламенения	-	+	+	+
Температура самовоспламенения	+*	+*	+*	+*
Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+*	-	+*
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	-	-
Температура тления	-	-	+	+
Условия теплового самовозгорания	-	-	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	-	+
Кислородный индекс (КИ)	-	-	+	-
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+*	+*	+*	+*
Нормальная скорость распространения пламени				
Скорость выгорания	+	+	-	-
Коэффициент дымообразования	-	+	-	-

Индекс распространения пламени	-	-	+	-
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	-	-	+	-
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	-	+
Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	-	+
Максимальное давление взрыва	+	+	-	+
Скорость нарастания давления при взрыве	+	+	-	+

Количество показателей, необходимых и достаточных для характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов в условиях функционирования в производстве, определяет разработчик системы обеспечения пожаровзрывобезопасности производственного объекта.

Противопожарная защита должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинаций:

- применением эффективных средств пожаротушения с соответствующими видами пожарной техники;
- применением АУПП и АУПТ;
- применением строительных конструкций и материалов с нормированными показателями пожарной опасности;
- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);
- устройствами обеспечивающими ограничение распространения пожара;
- организации с помощью ТС, включая автоматические ТС, своевременного оповещения и эвакуации людей;
- применением средств коллективной, индивидуальной защиты людей от ОФП;
- применением эффективных средств противодымной защиты.

Ограничение распространения пожара за пределы очагов должно достигаться:

- устройством противопожарных преград;

- установлением предельно допустимых по технико-экономическим расчетам площадей противопожарных отсеков и секций, этажности зданий, но в пределах установленных норм;

- устройством аварийного отключения технологических систем и аппаратов;

- применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;

- применение огнепреграждающих устройств в оборудовании.

Каждый объект (производство) должен иметь такие объемно-планировочные и технические решения и исполнения, чтобы эвакуация персонала из него была завершена до наступления предельно допустимых значений ОФП. Для обеспечения эвакуации необходимо:

- конструктивно исполнить эвакуационные пути и выходы (количество, размер);

- возможность беспрепятственно управлять движением персонала по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое оповещение и т.д.).

Средство коллективной и индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность персонала в течение всего времени действия ОФП. Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных зон и конструктивных решений. Средства индивидуальной защиты должны быть также для пожарных, участвующих в тушении пожара.

Система противодымной защиты объектов должна обеспечивать незадымление, снижение температуры и удаление продуктов горения и термического разложения на путях эвакуации в течение времени, необходимого для эвакуации и (или) коллективную защиту людей и материальных ценностей.

На каждом объекте должно быть обеспечено оповещение и (или) сигнализация о пожаре в его начальной стадии техническими средствами или организационными мероприятиями или средствами.

В производственных сооружениях должны быть предусмотрены лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.д. с достаточной устойчивостью и огнестойкостью конструкций при пожаре не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожаров.

Для пожарной техники должны быть определены:

- быстроедействие и интенсивность подачи огнетушащих веществ;
- допустимые огнетушащие вещества, в том числе с позиций требований экологии и совместимости с горящими веществами и материалами;
- источники и средства подачи огнетушащих веществ для пожаротушения;
- нормативный (расчетный) запас огнетушащих веществ (порошковых, газовых, пенных, комбинированных);
- необходимая скорость наращивания подачи огнетушащих веществ с помощью транспортных средств оперативных пожарных служб;
- требования к устойчивости от воздействия ОФП и их вторичных проявлений;
- требования техники безопасности.

Организационно технические мероприятия (ОТМ) должны включать:

- организацию пожарной охраны, в том числе ведомственных служб пожарной безопасности в соответствии с существующими законодательными актами;
- паспортизация технологических процессов и сооружений в части обеспечения ПБ;
- привлечение общественности к вопросам обеспечения ПБ;
- организацию обучения работающих и населения правилам ПБ;
- разработку и реализацию норм, правил, инструкций по ПБ;
- изготовлению и применению наглядной агитации по обеспечению ПБ;
- порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их для пожара;
- разработку мероприятий по действию администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;
- основные виды, количество, размещения и обслуживание пожарной техники (ГОСТ 12.1.009). Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей.

ЛЕКЦИЯ 2

Образование горючей среды в аппаратах с жидкостями

Вопрос №1. Условия образования горючей среды в аппаратах с жидкостями (35 мин).

Испарение горючих жидкостей представляет собой сложный физический процесс, протекание которого зависит от состава и свойств горючей жидкости, температуры, давления, способа и скорости движения и от ряда других факторов.

Под испаряемостью обычно подразумевается совокупность физических параметров горючей жидкости, обуславливающих скорость процесса испарения, тепловые эффекты при испарении, условия равновесного испарения, которые влияют на образование паро-взрывоопасной среды.

На производственных объектах перерабатываются (обрабатываются) и хранятся разнообразные по физико-химическим и пожарным свойствам жидкие, газообразные и твердые вещества.

В данной лекции мы рассмотрим процесс испарения горючих жидкостей в аппаратах, трубопроводах, внутреннее пространство которых может послужить местом возникновения пожара.

Поэтому необходимо изучить причины образования горючей среды внутри технологического оборудования, а также способы защиты аппаратов и трубопроводов от этих горючих образований с учетом условия ведения технологических процессов.

По технологической схеме, можно установить, какие из аппаратов, содержат горючие жидкости, газы, измельченные вещества и пыль. Внутри таких аппаратов пары, газы или пыль в различные периоды эксплуатации могут быть невоспламеняемыми или пожаровзрывоопасными.

Пожаровзрывоопасные концентрации создаются при строго определенных условиях, значение которых необходимо знать для разработки эффективных мер противопожарной защиты.

Свойства горючих веществ, их количество в обращении или процессе должны быть установлены в технологии получения того или иного продукта или же установлены по справочной литературе. В случаях отсутствия данных в справочной литературе (а такое бывает) или невозможности проведения исследования, пожаровзрывоопасные свойства можно оценить расчетным путем, исходя из химического состава и других, необходимых для расчета показателей.

Оценка горючести среды в аппарате с ЛВЖ или ГЖ (10 мин).

Известно, что в технологическом аппарате с горючей жидкостью возгорание (взрыв) обусловлено наличием смеси паров жидкости с воздухом. Аппарат, заполненный полностью ЛВЖ, ГЖ, или сжиженным газом, то среда в данном аппарате является негорючей.

Паровоздушная смесь в свободном пространстве аппарата может быть горючей (взрывоопасной), так и негорючей. Следует отметить, что ЛВЖ, ГЖ, газы обладают высокой степенью пожаровзрывоопасности. И для эффективной защиты их от пожара и взрыва требуются глубокие знания закономерности возникновения и развития пожара (взрыва).

Характерной особенностью практически всех ЛВЖ, ГЖ и жидких горючих газов является способность их к испарению при любых условиях. Над поверхностью ГЖ всегда находится их пары, которые, смешиваясь с воздухом, могут образовывать взрывоопасные смеси. Такое состояние жидкости представляет опасность двоякого ряда: в одном случае

происходит только вспышка паров, а в другом - вспышка паров и возникновение устойчивого горения самой жидкости.

Горючесть паровоздушной смеси определяется соотношением паров жидкости и окислителя (кислорода воздуха). Если в паровоздушной смеси недостает паров горючей жидкости, то испытываемая смесь не горит из-за недостаточного количества горючего компонента (бедная смесь). Если же в смеси избыток паров горючей жидкости, то смесь не горит из-за недостатка окислителя (обогащенная смесь).

Для каждой горючей жидкости установлены нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (пределы воспламенения), в пределах которых паровоздушная смесь является горючей - взрывоопасной. Эти пределы даются в соответствующих справочниках.

При длительном нахождении жидкостей в закрытом технологическом аппарате, «жидкость – пар» находится в состоянии динамического равновесия. В этом случае концентрация пара находится в состоянии близком к насыщению.

Концентрация насыщения паров φ_s определяется свойствами жидкости и температурой. С повышением температуры концентрация насыщенных паров φ_s возрастает по экспоненциальному закону (изменение φ_s в зависимости от температуры происходит по кривой - экспоненте).

В противопожарной службе зависимость $\varphi_s = f(T)$ определяют через уравнение Антуана:

$$\lg P_s = A - \frac{B}{C_A + t}, \quad (1)$$

где A , B , C_A - константы Антуана, даются в справочнике под редакцией

Баратова А.Н. приведенные к давлению в кПа;

P_s - парциальное давление насыщенных паров, кПа;

t - температура жидкости , °С

Выражение (1) показывает, что парциальное давление насыщенного пара пропорционально температуре жидкости. Графически эта зависимость имеет вид, представленный на Рис.1.

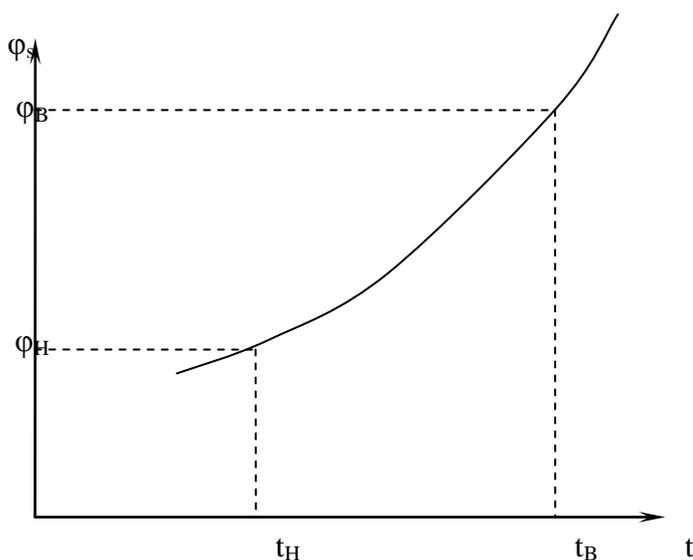


Рис. 1. Зависимость концентрации паров от температуры жидкости.

Из анализа графика следует, что нижний концентрационный предел распространения паров (НКПР) и верхний предел (ВКПР) паров достигаются при значениях температур t_H и t_B - температурными пределами распространения пламени жидкости (ТПР). Нижним (НТПР) или верхним

(ВТПР) температурным пределом распространения пламени называется температура жидкости, при которой концентрация паров над ее поверхностью равна соответствующему концентрационному пределу.

Температурные пределы t_n и t_b связаны с КПР пламени зависимостью:

$$t_{\Pi} = \frac{B}{A - \lg(0,01 \cdot \varphi_{\Pi} \cdot P_p)} - C_A, \quad (2)$$

где φ_{Π} - нижний или верхний КПР, % ;

P_p - атмосферное давление, 100 кПа;

A, B, C_A - константы уравнения Антуана для насыщенных паров.

Зная давление насыщенного пара жидкости можно рассчитать скорость ее испарения по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s, \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{с}, \quad (3)$$

где η - коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости и скорость воздушного потока над ее поверхностью;

M - молярная масса жидкости (вещества), г/моль;

P_s - давление насыщенного пара, кПа.

Таким образом, при нагревании жидкости можно подобрать такую температуру, при которой над ее поверхностью концентрация паров будет равной НКПР, т.е. паровоздушная смесь становится способной к воспламенению от постороннего источника зажигания. При этой температуре сгорают только пары, а сама горючая жидкость не загорается. Эту температуру называют температурой вспышки.

Через парциальное давление паров жидкости P_s определяем концентрацию паров жидкости φ_s в объемных долях по формуле:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p}, \quad (4)$$

где P_p - рабочее давление в технологическом аппарате, кПа (при атмосферном давлении $P_p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$).

Температурные пределы пожаровзрывоопасности паровоздушных смесей.

В паровоздушном объеме закрытых аппаратов горючая смесь, смесь паров образуется только в температурных интервалах нагрева жидкости, которые называются Температурными пределами воспламенения. Обязательным условием для образования пожаровзрывоопасных концентраций паров в закрытых аппаратах с жидкостями являются:

- наличие паровоздушного пространства в аппарате;
- наличие в аппарате горючей жидкости, рабочая температура, которой находится в интервале между нижним и верхним температурными пределами воспламенения.

Условия пожаровзрывоопасности определяются соотношением:

$$(t_{НПВ} - 15) \leq t_{оп} \leq (t_{ВПВ} + 15), \quad (5)$$

Прогнозируя данное соотношение, следует, что если рабочая температура на $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже, то в этом случае паровоздушная смесь является действительно негорючей. Если же рабочая температура паровоздушной выше на $15 \text{ }^\circ\text{C}$, то среда является негорючей только в том случае, если во всем свободном объеме над поверхностью жидкости концентрация паров постоянная и равна концентрации насыщенных паров ($\varphi_p = \varphi_s$). Такое состояние наступает через длительный промежуток времени $\tau_{оп}$, в течении которого паровоздушная среда остается опасной в пожаровзрывоопасном отношении. Это условие следует знать и быть очень внимательным.

Зависимость (5) должен знать и владеть расчетом каждый инженер пожарной безопасности.

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости (10 мин).

Насыщение замкнутого объема аппарата парами испаряющейся жидкости происходит переносом паров от поверхности жидкости в свободный объем аппарата (резервуара) за счет разностей концентраций или градиента концентраций.

В соответствии с законом Фика:

$$I = \frac{\partial G}{F \cdot \partial \tau} = -D \cdot \rho \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad (6)$$

где I - плотность потока массы пара (удельный массовый поток),

кг/м² · с;

G - масса пара, кг;

F - поверхность испарения, м²;

τ - время, с;

D - коэффициент диффузии, м²/с;

ρ - плотность паров жидкости, кг/м³;

φ - концентрация паров жидкости, % (объемные доли);

y - нормаль (перпендикуляр) к поверхности испарения жидкости, м;

$\frac{\partial \varphi}{\partial y}$ - градиент (разность) концентраций паров жидкости.

Перенос пара от поверхности жидкости с площади F в свободный объем аппарата может осуществляться за счет молекулярной диффузии и конвекции.

При диффузионном переносе пара процесс насыщения свободного объема аппарата протекает в две стадии.

Перенос пара процесс насыщения свободного объема аппарата протекает в две стадии.

Первая стадия длится до тех пор, пока пары испаряющейся жидкости достигают верхней части свободного пространства аппарата (крышки резервуара).

Вторая стадия наступает после полного заполнения свободного объема аппарата, после чего наступает процесс полного насыщения свободного объема аппарата.

На первой стадии концентрация φ над поверхностью жидкости распределена по параболическому закону описываемого зависимостью:

$$\varphi = \varphi_s \left(\frac{y}{h_{\Pi}} \right)^n, \quad (7)$$

где y - расстояние от верхней точки парового облака до измеряемой точки, м;

h_{Π} - высота парового облака. под поверхностью испарения F , м;

n - относительный градиент концентрации.

$$n = \frac{\text{grad}\varphi}{\varphi_s / h_{\Pi}}, \quad n \approx 2 \quad (8)$$

Высота парового облака изменяется во времени в соответствии с зависимостью:

$$h_{\Pi} = \sqrt{2 \cdot D \cdot n \cdot (n + 1) \cdot \tau_1}, \quad (9)$$

Отсюда время τ_1 , в течении которого паровое облако достигнет верхней части свободного объема аппарата (крышки резервуара):

$$\tau_1 = \frac{h_{II}^2}{2 \cdot D \cdot n \cdot (n+1)} \approx \frac{h_{II}^2}{12 \cdot D}, \quad (10)$$

После того, как паровое облако испаряющейся жидкости достигает верхней части свободного объема аппарата (крыши), наступает, вторая стадия насыщения τ_2 .

На второй стадии средняя концентрация в свободном объеме аппарата уже изменяется по экспоненте и описывается формулой:

$$\bar{\varphi} = \varphi_S \cdot (1 - e^{-k\tau_2}), \quad (11)$$

где k - коэффициент (темп) насыщения:

$$k = \frac{n \cdot D \cdot F}{V \cdot h_{II}}, \quad (12)$$

где V - объем свободного объема аппарата, m^3 ;

Для аппаратов с вертикальными стенками:

$$k = \frac{n \cdot D}{h_{II}^2} \quad (13)$$

По высоте свободного пространства h_n , на второй стадии насыщения концентрация φ определяется по формуле:

$$\varphi_Z, \tau_2 = \varphi_S \left\{ \left[\left(\frac{Z}{h_n} \right)^n - 1 \right] \cdot e^{-\frac{n \cdot D \cdot F}{V \cdot h_n} \tau_2} + 1 \right\},$$

(14)

Распределение паров по высоте свободного объема аппарата h_n , на первой и второй стадиях насыщения представлены на рис.2.

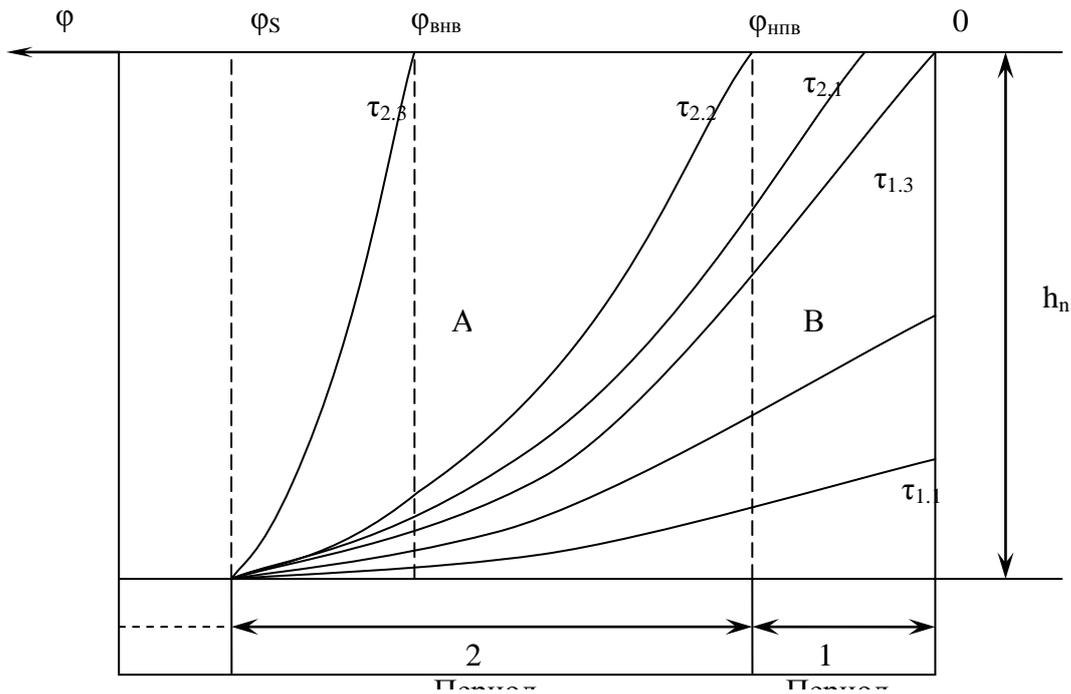


Рис.2. График распределения концентрации паров по высоте Z в различные моменты времени.

Из анализа рис.2 следует, что паровоздушная среда в технологическом аппарате до момента $\tau_{2,3}$ паровоздушная среда остается пожаровзрывоопасной, это пожаровзрывоопасная зона, которая перемещается снизу вверх и затем исчезает. Пренебрежение этим свойством приводят к тяжелым последствиям.

Образование пожаровзрывоопасных зон в свободном

объеме аппарата при испарении горючей жидкости (8 мин).

Из анализа динамики насыщения свободного объема аппарата парами испаряющейся жидкости, при отсутствии конвективных потоков на первой и

второй стадиях насыщения по высоте концентрация паров распределяется по параболическому закону.

На первой стадии по формуле 7:

$$\varphi = \varphi_s \cdot \left(\frac{y}{h_n} \right)^n,$$

а на второй стадии по формуле 14:

$$\varphi_z, \tau_2 = \varphi_s \cdot \left(\frac{z}{h_{an}} \right)^n,$$

где y - расстояние по вертикали от верхней точки парового облака;

z - расстояние от верхней части свободного объема аппарата (крыши резервуара);

h_{an} - высота свободного объема аппарата;

h_n - высота парового облака.

Распределение концентрации паров испаряющейся жидкости в различные моменты времени представлены на Рис. 2, где кривые $\tau_{1,1}$ и $\tau_{1,2}$ соответствуют моментам времени, при которых паровое облако еще не достигло верхней точки свободного объема аппарата. Моменту достижения верхней точки свободного объема аппарата соответствует кривая $\tau_{1,3}$.

Все кривые на Рис. 2 построены для случая, когда концентрация насыщенных паров выше верхнего концентрационного предела воспламенения $\varphi_s > \varphi_{впв}$.

В связи с тем, что на первой стадии насыщения по высоте свободного объема аппарата от поверхности испаряющейся жидкости концентрация пара изменяется от концентрации насыщения (у поверхности испарения) до 0 (в верхней точке парового облака), кривые концентрации $\tau_{1,1}$, $\tau_{1,2}$ и пересекают вертикальные прямые $\varphi_{впв}$ и $\varphi_{нпв}$, в точках А и В, (для кривой

$\tau_{1,3}$). По высоте свободного объема аппарата точки А и В находятся на расстоянии Δh . В пределах этой высоты концентрация паров находится между верхним $\varphi_{\text{впв}}$ и нижним $\varphi_{\text{нпв}}$ концентрационными пределами воспламенения и следовательно, паровоздушная среда на высоте Δh является пожаровзрывоопасной.

Таким образом, если температура испаряющейся жидкости в технологическом аппарате выше верхнего температурного предела воспламенения $t_p > t_{\text{впв}}$, то на первой стадии насыщения в свободном объеме аппарата, с парами испаряющейся жидкости, имеется паро-взрывоопасная зона.

Как уже выше отмечалось, после достижения паровым облаком верхней части свободного объема аппарата наступает вторая стадия насыщения. На этой стадии, при отсутствии конвективных потоков, в любой точке парового пространства концентрация паров растет по экспоненциальному закону.

$$\varphi_{\tau} = \varphi_s \cdot e^{-k \cdot \tau_2}, \quad (15)$$

где φ_{τ} - текущая концентрация паров в любой момент времени

2-й стадии τ_2 ;

k - коэффициент (темп) насыщения.

Вследствие этого на 2-й стадии насыщения распределение концентрации паров остается параболическим. На рис.2 различным моментам 2-й насыщения соответствуют кривые $\tau_{2,1}$, $\tau_{2,2}$ и $\tau_{2,3}$.

К моменту $\tau_{2,1}$ опасная зона поднялась выше и расширилась за счет верхней границы.

В момент $\tau_{2,2}$ верхняя граница пожаровзрывоопасной зоны достигла верхней части свободного объема аппарата. Несколько поднялась над поверхностью и нижняя граница опасной зоны. При дальнейшем насыщении

нижняя граница опасной зоны поднимается вверх и достигает верхней части свободного объема аппарата. После этого паровоздушная среда становится негорючей. Это происходит не сразу, а через достаточно длительный отрезок времени от момента заполнения горючей жидкостью технологического аппарата.

Однако рассматриваемая теория является теорией, идеализированной картиной. И на практике могут быть различные ситуации и технологии не в полной мере отвечающими теории испарения горючей жидкости в замкнутом свободном объеме технологического аппарата.

На практике, паровоздушное пространство, как правило, сообщается с атмосферой. В этом случае поступающий в технологический аппарат воздух разбавляет паровоздушную среду, препятствует ее насыщению.

Поэтому паровоздушная среда в технологическом аппарате с дыхательными и предохранительными устройствами может быть практически не ограничено длительное время оставаться пожаровзрывоопасной (например, в резервуаре с бензином на нефтебазе).

Паровоздушная смесь может быть пожаровзрывоопасной вблизи трещин на стенках технологических аппаратов и т.д. Это необходимо учитывать в практической деятельности инженера пожарной безопасности при эксплуатации технологических аппаратов, особенно при ремонтных и сварочных работах.

Насыщение парами горючей жидкости свободного

объема технологического аппарата при конвекции (7 мин)

При наличии конвективных потоков процессы насыщения свободного объема технологического аппарата имеют свои особенности. В этом случае

процесс насыщения свободного объема аппарата на высоте, отличается от процесса в замкнутом объеме, и не будет наблюдаться 2-х стадий.

Средняя концентрация в свободном объеме аппарата будет возрастать по экспоненте и описывается Формулой:

$$\bar{\varphi} = \varphi_s \cdot \left(1 - e^{-\frac{\beta \cdot F}{V} \cdot \tau} \right), \quad (16)$$

где β - коэффициент массоотдачи;

$$\beta = \frac{n \cdot D}{h_{гр}}, \quad (17)$$

где $h_{гр}$ - толщина пограничного слоя над поверхностью горючей жидкости, м .

Толщина пограничного слоя над поверхностью жидкости $h_{гр}$ зависит от скорости движения воздуха над поверхностью горючей жидкости и от температуры. Если рассматривать этот процесс более детально, то это сложная теплофизическая и теплодинамическая задачи. Мы ее рассматривать не будем, так как ориентировочно можно принимать, что при наличии конвективных потоков скорость насыщения будет на порядок выше, чем при диффузионном насыщении.

ЛЕКЦИЯ 3

Образование горючей среды в аппаратах с газами.

Вопрос №1. Условия образования горючей среды в аппаратах с газами.

Технические решения по защите от образования ГС (30 мин).

В производственных условиях получают или используют в технологическом процессе разнообразные горючие газы (ГГ) при различных температурах и давлении .

В качестве химического сырья или топлива широко применяются следующие газы: природный газ метан (CH_4), нефтяной, коксовый, этилен, ацетилен (C_2H_2), бутилен , абгазы , аммиак(NH_3), водород (H_2) и др. Неправильная эксплуатация аппаратов с горючими газами может вызвать пожары и взрывы.

Поскольку такими же свойствами, как газы, обладают и перегретые пары жидкостей, излагаемые ниже условия образования горючих концентраций газов внутри аппаратов относятся и к таким перегретым парам.

Обычно аппараты и трубопроводы бывают заполнены горючим газом без примеси окислителя. Реже по технологическим условиям используется смесь горючего газа с воздухом или кислородом. Например, получение H_2 конверсией CH_4 , ацетилена (C_2H_2) термоокислительным пиролизом естественного газа, окислов N_2 – окислением аммиака (NH_3).

Наличие горючей смеси газа с воздухом внутри аппаратов и трубопроводов может быть представлено следующим выражением :

$$\varphi_{\text{н}} \leq \varphi_{\text{р}} \leq \varphi_{\text{в}}$$

где $\varphi_{\text{р}}$ - рабочая концентрация горючего газа в аппарате в %об или г/м³

$\varphi_{\text{н}}$ и $\varphi_{\text{в}}$ – нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, в %об или г/м³.

Концентрационные распространения пламени для газов находят в справочной литературе. При отсутствии литературных данных КПР для газов определяют опытным путём или расчётным методом по ГОСТ 12.1.044–89.

Рабочая концентрация горючих газов $\varphi_{\text{р}}$ не может быть определена по величине рабочей температуры или давления в аппарате. Действительную концентрацию газа определяют анализом или устанавливают по данным технологического регламента. Особое внимание должно быть обращено на аппараты и трубопроводы, в которых по условиям технологии находятся смеси горючего газа с воздухом или кислородом (O₂).

Ацетиленовые аварии (5 мин).

На одном из судостроительных предприятий Санкт-Петербурга произошла авария с человеческими жертвами, и виной её стала ацетилено-воздушная смесь.

На стапеле, где производились сварочные и другие работы с использованием ацетилена, в начале утренней смены произошло падение давления в кислородной магистрали. Производить работы по сварке или

резке металла было невозможно, и бригада рабочих, перекрыв вентили кислородных и ацетиленовых магистралей, отправилась в столовую .

Один из сварщиков, выполнявший работу внутри танка (нефтеналивная ёмкость танкера) оставив резак с сочившимся ацетиленом внутри танка, также отправился в столовую. После обеда, когда кислород в магистрали уже имел рабочее давление, мастер вернулся к танку, опустил в него через люк диаметром около 800 мм и, присев на корточки, включил вентиль с ацетиленом для образования начального факела. При этом зажигание выходящего ацетилена он производил зажженной спичкой. Накопившейся в танке за время отсутствия мастера ацетилен в смеси с воздухом представлял собою взрывоопасную смесь, которая и была инициирована пламенем спички.

Объём танка составлял 8,2 м³. Таким образом, при плотности ацетилена 1,173 кг/м³, средняя масса ацетилена составила около 9 кг. Пределы взрываемости ацетиленовоздушных смесей для полузамкнутых объёмов равны 4,2-50%. В результате взрыва смеси в танке тело мастера было выброшено через люк, находившийся у него над головой, и отброшено от люка (по горизонтали) на расстоянии 35 м. При движении через отверстие люка тело сварщика было сильно травмировано, была оторвана рука (почти до локтя), очень сильно была травмирована и размягчена голова пострадавшего. Лицо и грудь погибшего имели сильные ожоги. Одежда выше пояса была сорвана волной газа, вырывающегося из танка.

Причины аварии (5 мин):

1. На стапеле не было надлежащего контроля за состоянием газосварочного инструмента, в результате чего инструмент погибшего

оставался без проверки и контроля длительное время, на протяжении которого из рабочего инструмента продолжал сочиться ацетилен, заполняя весь объём танка.

2. По условиям безопасности места с плохой освещённостью должны иметь необходимую электрическую подсветку – что не было сделано в танке, где должен был работать мастер, и он не должен был зажигать ацетиленовый факел для осмотра внутренности танка.

3. Перед началом газосварочных работ их руководитель (бригадир) должен был осмотреть рабочие места и подписать разрешительный наряд на проведение газосварочных работ. После обеденного перерыва и начале сварочных работ это также сделано не было.

4. Мастер, прекращающий сварочные работы хотя бы временно, обязан отключать не только вентили инструмента, но и перекрыть вентили ацетилена и кислорода на распределительном щите (на так называемой гребёнке)

Технические решения по защите от образования ГС(5 мин).

Обеспечить эксплуатацию аппаратов с горючими газами без образования в них взрывоопасных концентраций можно с помощью следующих технических решений :

- а) при наличии смеси ГГ с окислителем рабочая концентрация в аппаратах должна устанавливаться выше верхнего или ниже нижнего КПР ;
- б) нельзя нарушать принятое безопасное соотношение смеси горючее – окислитель, для чего на питающих аппарат линиях устанавливают

автоматические регуляторы соотношения и автоматические регуляторы давления газов ;

в) нарушение автоматического регулирования соотношения компонентов или прекращения подачи одного из них должно сопровождаться автоматическим отключением питающих аппарат линий с одновременным пуском в систему негорючего газа ;

г) при наличии смеси горючего газа с окислителем, находящейся в пределах воспламенения или близкой к ним , следует применять флегматизирующие добавки. Расчёт требуемого количества инертного компонента производится так же, как и при защите емкостей с горючими жидкостями;

д) для непрерывного контроля за величиной рабочей концентрации смеси газов с окислителем аппараты оборудуют стационарными газоанализаторами, автоматически сигнализирующими об отклонении от нормы .

Вопрос №2. Условия образования горючей среды в аппаратах с пылями. Основные меры защиты от образования горючей среды (35 мин).

В производственных условиях тонко измельчённые твёрдые горючие материалы могут являться конечным продуктом (пылевидное топливо, древесная мука, сахарная пудра и т.д.), отходами и побочными продуктами производства (мучная, табачная , древесная пыль и т.д.). Размеры частичек пыли колеблются в весьма широких пределах. В зависимости от размеров частиц и скорости движения воздуха пыль может находиться во взвешенном или осевшем состоянии .При увеличении скорости движения воздушных потоков осевшая пыль (аэрогель) легко переходит во взвешенное состояние (аэрозоль) и наоборот .

Минимальную скорость движения воздушного потока, при которой твёрдая

частичка данного размера начинает оседать, можно определить следующим образом. В общем виде сила сопротивления среды движению частиц шарообразной формы зависит от удельного веса, вязкости среды, скорости движения, диаметра и веса частицы, т.е.

$$F=f(\gamma, \mu, \omega, d, p)$$

Многие пыли во взвешенном состоянии способны с воздухом давать взрывоопасные концентрации. Величины концентрационных пределов (КПР) пылевоздушных смесей зависят не только от химического состава вещества, но и в значительной степени от её измельчённости, влажности и зольности.

Наиболее важное значение имеет НКПР, так как величина верхнего предела

очень высока и практически редко достижима.

Таким образом, условия наличия взрывоопасной концентрации пыли внутри аппаратов будет:

$$\varphi_d \geq \varphi_n$$

или с учётом запаса надёжности

$$\varphi_d \geq 0,5 \varphi_n$$

Действительная концентрация φ_d определяется с учётом наличия взвешенной и осевшей пыли; величина НКПР пыли – по справочным пособиям (с учётом фракционности, влажности и зольности) или опытным путём.

Большое количество взвешенной пыли образуется при работе машин и агрегатов с механизмами ударного действия (дробилки, мельницы , разрыхлители обойки, центробежные классификаторы и т.д.), а также машин и установок, действия которых сопряжено с использованием воздушных потоков (пневматические системы транспортировки, воздушные классификаторы, сепараторы и т.п.) или с падением измельчённой продукции с высоты (самотечные трубы, места пересыпания с одного транспортёра на другой, узлы загрузки и выгрузки измельчённой продукции и т.п.).

Значительную опасность для аппаратов представляет скопление осевшей пыли. Осевшая пыль при взвихрении может создать взрывоопасные смеси; самовозгорающаяся пыль – вызвать очаги самовозгорания. Искры, образующиеся от ударов металлических частиц, попавших в машину, могут вызвать очаги тления, от которых воспламенится и взвешенная пыль. Местная вспышка может вызвать взвихрение пыли в большом объёме и явится причиной повторного взрыва большой разрушительной силы.

Осевшая пыль в машинах и аппаратах скапливается в застойных участках, тупиках, при дефектах поверхности, в местах резкого изменения диаметров и острых сопряжений. Скоплению осевшей пыли способствует увеличенная влажность воздуха и конденсации влаги на стенках аппаратов и трубопроводов .

Уменьшить пожарную опасность аппаратов и трубопроводов с наличием пыли можно следующими способами (15 мин):

- а) применение менее "пылящих" процессов измельчения (например, вибрационного помола, измельчения с увлажнением , мокрых процессов обработки твёрдых и волокнистых веществ);
- б) введением негорючих газов внутрь аппаратов в течении всего периода

работы или только в наиболее опасные моменты (например , в периоды пуска и остановки мельниц и подобных им машин) или добавлением к огнеопасной пыли минеральных веществ (например , мела);

в) устройством систем отсосов пыли из машин ;

г) использование негорючих газов для пневматической транспортировки наиболее опасных пылей, при сушке порошковых материалов распылением и во взвешенном слое;

д) установлением оптимальной скорости воздуха или негорючего газа и систематического контроля за её величиной при пневматической транспортировке измельчённых (чтобы избежать осаждения пыли);

е) конструктивными решениями аппаратов и трубопроводов, обеспечивающими минимальное скопление осевшей пыли, к которым относятся: гладкообработанные внутренние поверхности аппаратов и трубопроводов, плавные повороты трубопроводов и сопряжения поверхностей аппаратов, плавные переходы диаметров , уклон конусной части аппаратов не менее 60° , а самотечных трубопроводов – не менее 45° к горизонту ;

ж) использование вибраторов для предотвращения образования пробок пыли в бункерах и трубопроводах;

з) предохранение стенок аппаратов и трубопроводов от увлажнения. Это достигается размещением аппаратов в отапливаемых помещениях, подогревом среды или аппаратов и устройством теплоизоляции при расположении аппаратов на открытых площадках или в неотапливаемых помещениях.

Лекция 7

КАТЕГОРИИ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пожары подразделяются на следующие классы:

А - пожары твердых веществ, в основном органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (древесина, бумага, текстиль и др.);

В - пожары жидкостей или плавящихся твердых веществ, нерастворимых в воде (бензин, нефтепродукты, эфир, парафин и др.); растворимых в воде (глицерин, спирты, метанол и др.);

С - пожары газов;

Д - пожары металлов и сплавов;

Е - пожары, связанные с горением электроустановок. Классификация пожаров необходима для выбора установок автоматического извещения о пожаре, огнетушащего вещества и установок пожаротушения, а также для выбора первичных средств пожаротушения. Состав и примерное количество горючих веществ необходимо знать для сообщения о загорании в пожарную часть. Кроме того, в паспорте каждого огнетушителя и на его корпусе указывается класс пожара, т.е. область его применения.

опасности» (3.27), которые устанавливают методику определения категорий помещений и зданий (или частей зданий между противопожарными стенами - пожарных отсеков) по взрывопожарной и пожарной опасности в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств, находящихся в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

Здания относятся к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здания к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 100 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

а) здание не относится к категории А;

б) суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здания к категории Б, если суммарная площадь помещений категории А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории В, если одновременно выполняются два условия:

а) здания не относятся к категориям А и Б;

б) суммарная площадь помещений категории А, Б и В превышает 5% (10% - если в здании отсутствуют помещения категории А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здания к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Г, если одновременно выполняются два условия:

а) здания не относятся к категории Б и В;

б) суммарная площадь помещений категории А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здания к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В, и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категории А, Б, В оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Д, если оно не относится к категории А, Б, В или Г.

Определение категорий наружных установок по пожарной опасности устанавливается по методике согласно НПБ 107-97.

Категории помещений по взрыво- и пожароопасности

В соответствии со “Всероссийскими нормами технологического проектирования” (2005 г.) здания и сооружения, в которых размещаются производства, подразделяются на пять категорий (см. табл. 16.4).

Таблица 16.4

Категории помещений

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов находящихся (обращающихся) в помещении
А взрыво- пожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28° С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5кПа.
Б взрыво- пожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28° С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- или паро-воздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 - В4 пожароопасная	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива

Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии
---	---

ПРИМЕРЫ производств, размещенных в помещениях категорий А, Б, В, Г и Д.

Категория А: цехи обработки и применения металлического натрия и калия, нефтеперерабатывающие и химические производства, склады бензина и баллонов для горючих газов, помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок, водородные станции и др.

Категория Б: цехи приготовления и транспортирования угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, обработки синтетического каучука, мазутное хозяйство электростанций и др.

Категория В: лесопильные и деревообрабатывающие цехи, цехи текстильной и бумажной промышленности, швейные и трикотажные фабрики, склады масла и масляное хозяйство электростанций, гаражи и др.

Категория Г: литейные, плавильные, кузнечные и сварочные цехи, цехи горячей прокатки металла, котельные, главные корпуса электростанций и др.

Категория Д: цехи холодной обработки металлов, пластмасс и т. д.

Характер развития пожара и последующего за ним взрыва в значительной мере зависит от огнестойкости конструкций - свойства конструкций сохранять несущую и ограждающую способность в условиях пожара. В соответствии со СНиП 2.01.02.85 различают пять степеней огнестойкости зданий и сооружений: I, II, III, IV, V.

Огнестойкость строительных конструкций характеризует следующие параметры:

1) минимальный предел огнестойкости строительной конструкции - время в часах от начала воздействия огня на конструкцию до образования в ней сквозных трещин или достижения температуры 200° С на поверхности, противоположной воздействию огня.

2) максимальный предел распространения огня по строительным конструкциям определяемый визуально размер повреждения в сантиметрах, которым считается обугливание или выгорание материалов, а также оплавление термопластичных материалов за пределами зоны нагрева.

Все строительные материалы по возгораемости делятся на три группы: НЕСГОРАЕМЫЕ, ТРУДНОСГОРАЕМЫЕ и СГОРАЕМЫЕ.

К **НЕСГОРАЕМЫМ** материалам и конструкциям относятся применяемые в строительстве металлы и неорганические минеральные материалы и изделия из них: песок, глина, гравий, асбест, кирпич, бетон и др.

К **ТРУДНОСГОРАЕМЫМ** относятся материалы и изделия из них, состоящие из сгораемых и негораемых компонентов: кирпич саманный, гипсовая сухая штукатурка, фибролит, ленолиум, эбонит и др.

К **СГОРАЕМЫМ** относятся все материалы органического происхождения: картон, войлок, асфальт, рубероид, толь кровельный и др.

Вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, называются горючими в отличие от веществ, которые на воздухе не горят и называются негорючими. Промежуточное положение занимают трудно горючие вещества, которые возгораются при действии источника зажигания, но прекращают горение после удаления последнего.

Все горючие вещества делятся на следующие основные группы.

1. **ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ (ГГ)** - вещества, способные образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше 50°C . К горючим газам относятся индивидуальные вещества: аммиак, ацетилен, бутадиен, бутан, бутилацетат, водород, винилхлорид, изобутан, изобутилен, метан, окись углерода, пропан, пропилен, сероводород, формальдегид, а также пары легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

2. **ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИЕСЯ ЖИДКОСТИ (ЛВЖ)** - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки не выше 61°C (в закрытом тигле) или 66° (в открытом). К таким жидкостям относятся индивидуальные вещества: ацетон, бензол, гексан, гептан, диметилфосфорамид, дифтордихлорметан, изопентан, изопропилбензол, ксилол, метиловый спирт, сероуглерод, стирол, уксусная кислота, хлорбензол, циклогексан, этилацетат, этилбензол, этиловый спирт, а также смеси и технические продукты бензин, дизельное топливо, керосин, уайтспирт, растворители.

3. **ГОРЮЧИЕ ЖИДКОСТИ (ГЖ)** - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки выше 61° (в закрытом тигле) или 66°C (в открытом). К горючим жидкостям относятся следующие

индивидуальные вещества: анилин, гексадекан, гексиловый спирт, глицерин, этиленгликоль, а также смеси и технические продукты, например, масла: трансформаторное, вазелиновое, касторовое.

4. ГОРЮЧИЕ ПЫЛИ (ГП) - твердые вещества, находящиеся в мелкодисперсном состоянии. Горючая пыль, находящаяся в воздухе (аэрозоль), способна образовывать с ним взрывчатые смеси. Осевшая на стенах, потолке, поверхностях оборудования пыль (аэрогель) пожароопасна.

Горючие пыли по степени взрыво- и пожароопасности делятся на четыре класса.

1-й класс - наиболее взрывоопасные - аэрозоли, имеющие нижний концентрационный предел воспламенения (взрываемости) (НКПВ) до 15 г/м^3 (сера, нафталин, канифоль, пыль мельничная, торфяная, эбонитовая).

2-й класс - взрывоопасные - аэрозоли имеющие величину НКПВ от 15 до 65 г/м^3 (алюминиевый порошок, лигнин, пыль мучная, сенная, сланцевая).

3-й класс - наиболее пожароопасные - аэрогели, имеющие величину НКПВ, большую 65 г/м^3 и температуру самовоспламенения до 250°C (табачная, элеваторная пыль).

4-й класс - пожароопасные - аэрогели, имеющие величину НКПВ большую 65 г/м^3 и температуру самовоспламенения, большую 250°C (древесные опилки, цинковая пыль).

Ниже приводятся некоторые характеристики горючих веществ, необходимые для прогнозирования аварийных ситуаций (см. табл. 16.1, 16.2, 16.3).

Таблица 16.1.

Показатели взрыво-пожароопасности горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

вещество	условные обозначения	температура вспышки	концентрационные пределы взрываемости (воспламенения)				
			твсп, $^\circ \text{C}$	нижний (НКПВ)		верхний (ВКПВ)	
				% по объему	г/м^3 при 20°C	по объему	г/м^3 при 20°C
			ЭФИРЫ СЛОЖНЫЕ И ПРОСТЫЕ				

Амилацетат	ЛВЖ	25	1.08	90.0	10.0	540.0
Бутилацетат	ЛВЖ	29	1.43	83.0	15.0	721.0
Диэтиловый спирт	ЛВЖ	-4 3	1.9	38.6	51.0	1576.
	ВВ	-	3.66	54.8	80.0	0
Окись этилена						1462. 0
этилацетат	ЛВЖ	-3	2.98	80.4	11.4	407.0
			СПИРТ Ы			
Амиловый	ЛВЖ	49	1.48	43.5	-	-
Метиловый	ЛВЖ	8	6.7	46.5	38.5	512.0
Этиловый	ЛВЖ	13	3.61	50.0	19.0	363.0
		УГЛЕВОДОРОДЫ		ПРЕДЕЛЬНЫЕ		
Бутан	ГГ	-	1.8	37.4	8.5	204.8
Гексан	ЛВЖ	-23	1.24	39.1	6.0	250.0
Метан	ГГ	-	5.28	16.66	15.4	102.6
Пентан	ЛВЖ	-44	1.47	32.8	8.0	238.5
Пропан	ГГ	-	2.31	36.6	9.5	173.8
Этан	ГГ	-	3.07	31.2	14.95	186.8
		УГЛЕВОДОРОДЫ		НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ		
Ацетилен	ВВ	-	2.5	16.5	82.0	885.6
Бутилен	ГГ	-	1.7	39.5	9.0	209.0
Пропилен	ГГ	-	2.3	34.8	11.1	169.0
Этилен	ВВ	-	3.11	35.0	35.0	406.0
		УГЛЕВОДОРОДЫ		АРОМАТИЧЕСКИ Е		
Бензол	ЛВЖ	-12	1.43	42.0	9.5	308.0
Ксилол	ЛВЖ	25	1.0	44.0	7.6	334.0

Нафталин	ГП4	-	0.44	23.5	-	-
Толуол	ЛВЖ	4	1.25	38.2	7.0	268.0
		СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ АЗОТ И СЕРУ				
Аммиак	ГГ	-	17.0	112.0	27.0	189.0
Анилин	ГЖ	73	1.32	61.0	-	-
Сероводород	ГГ	-	4.0	61.0	44.5	628.0
Серовуглерод	ЛВЖ	-43	1.33	31.5	50.0	157.0
		НЕФТЕПРОДУКТЫ И ДРУГИЕ ВЕЩЕСТВА				
Бензин (температура кипения 105° С)	ЛВЖ	-36	2.4	137.0	4.9	281.0
	ЛВЖ	-36	1.9	-	5.1	-
	ГГ	-	4.09	3.4	880.0	66.4
Бензин (то же 64...94 °С)						
Водород						
Керосин	ЛВЖ	>40	0.64	-	7.0	-
Нефтяной газ	ГГ	-	3.2	-	13.6	-
Окись углерода	ГГ	-	12.5	145.0	80.0	928.0
Скипидар	ЛВЖ	34	0.73	41.3	-	-
Коксовый газ	ГГ	-	5.6	-	30.4	-
Доменный газ	ГГ	-	46.0	-	68.0	-

ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ - наименьшая температура жидкости, при которой около ее поверхности образуется паро-воздушная смесь, способная вспыхивать от источника и сгорать, не вызывая при этом устойчивого горения жидкости.

ВЕРХНИЙ И НИЖНИЙ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ПРЕДЕЛЫ ВЗЫРВАЕМОСТИ (воспламенения) - соответственно максимальная и минимальная концентрация

горючих газов, паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при наличии источника инициирования взрыва.

ВВ - взрывоопасное вещество - вещество, способное к взрыву или детонации без участия кислорода в воздухе.

ГП - горючая пыль (определение см. выше).

Таблица 16.2.

Показатели взрывной опасности некоторых взрывоопасных пылей и волокон

Взрывоопасная пыль (волокно)	Температура самовоспламенения аэрозоля t_{sc} , °С	Нижний концентрационный предел взрываемости (НКПВ), г/м ³
Алюминий	550	40
Ацетат целлюлозы	410	35
Древесная мука	430	11.2
Какао	420	45.0
Каучук синтетический	320	30.0
Магний	480	20-30
Мельничная пыль	800	17.6
Нафталин	575	2.5
Сахар свекловичный	360	8.9
Смола эпоксидная	477	17.2
Титан	330	45.0
фенопласт	491	36.8
Чай	925	32.8
Этилцеллюлоза	657	37.8

ТЕМПЕРАТУРА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ - самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

Аэрозоль способна взрываться при размерах твердых частиц менее 76 мкм.

ВЕРХНИЕ ПРЕДЕЛЫ ВЗРЫВАЕМОСТИ пыли весьма велики и внутри помещений практически трудно достижимы, поэтому они не представляют интереса. Например, ВКПВ пыли сахара составляет 13.5 кг/м^3 .

Таблица 16.3.

Теплота сгорания некоторых углеводородов

Углеводороды	Теплота сгорания Q_t , Дж/кг
ПРЕДЕЛЬНЫЕ	
Бутан	$46.4 \cdot 10^6$
Метан	$50.7 \cdot 10^6$
Пентан	$46.01 \cdot 10^6$
Пропан	$47.0 \cdot 10^6$
Этан	$48.2 \cdot 10^6$
НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ	
Ацетилен	$49.0 \cdot 10^6$
Бутадиен	$45.20 \cdot 10^6$
Бутилен	$45.90 \cdot 10^6$
Пропилен	$46.45 \cdot 10^6$
Этилен	$47.80 \cdot 10^6$
АРОМАТИЧЕСКИЕ	
Бензол	$41.17 \cdot 10^6$
Толуол	$41.53 \cdot 10^6$
Циклогексан	$44.50 \cdot 10^6$

Список литературы

1. Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для студ. инженерно-технических спец. вузов / Т.И. Трофимова. - 8-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2004. - 544 с. : ил.
2. Савельев И.В. Курс общей физики : в 5 кн.: учебник. Кн. 1. Механика / И.В. Савельев. - [Б. м.] : М., 2004. - 336 с.
3. Собурь С.В. Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий : справочник / С. В. Собурь. - М. : ПожКнига, 2005. - 88 с.
4. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий : справочник / ред. С. В. Собурь. - 3-е изд., доп. - М. : ПожКнига, 2007. - 192 с. : ил.
5. Основы пожарной безопасности технологических процессов производства: методические указания к выполнению практических работ / В. В. Слюсаренко, О.В.Кабанов, А.В.Хизов.- Саратов: ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2008.- 22с.
6. Вовк А.И. Безопасность жизнедеятельности населения в чрезвычайных ситуациях.Ч.1: Учеб. пособие: учебное пособие / А.И. Вовк. - Саратов: СГАУ, 2004.- 124с.

Лекция 10

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ИХ ВОЗГОРАНИЯ

Чтобы внешний вид трубопровода указывал на свойства транспортируемого вещества, введена их опознавательная окраска (ГОСТ 14202–69):

Статистика электротравматизма показывает, что смертельные поражения электрическим током составляют 2,7 % общего числа смертельных случаев (у нас в РФ).

Согласно ПТЭ и ПТБ все электроустановки принято разделять на 2 группы:

- установки напряжением до 1000 В;
- установки напряжением выше 1000 В.

Следует отметить, что число несчастных случаев в электроустановках напряжением до 1000 В в 3 раза больше, чем в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Это объясняется тем, что установки напряжением до 1000 В применяются более широко, а также тем, что контакт с электрооборудованием здесь имеет большее число людей, как правило, не имеющих электрическую специальность. Электрооборудование выше 1000 В распространено меньше, и к его обслуживанию допускаются только высококвалифицированные электрики.

Опасность поражения электрическим током отличается от прочих опасностей тем, что человек не в состоянии без специальных приборов

обнаружить ее дистанционно, как например движущиеся части машин, раскаленный металл и т. п.

Наличие напряжения обнаруживается часто слишком поздно, когда человек уже оказался под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека

Электрический ток, проходя через живые ткани, оказывает термическое, электролитическое и биологическое воздействия. Это приводит к различным

нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее повреждение организма.

Рассмотрим различные виды электропоражений.

Электрический удар – это поражение внутренних органов человека.

Небольшие токи вызывают лишь неприятные ощущения. При токах, больших 10 – 15 мА, человек неспособен самостоятельно освободиться от токоведущих частей и действие тока становится длительным (неотпускающий ток). При длительном воздействии токов величиной несколько десятков миллиампер и времени действия 15 – 20 секунд может наступить паралич дыхания и смерть. Токи величиной 50 – 80 мА приводят к фибрилляции сердца, которая заключается в беспорядочном сокращении и расслаблении мышечных волокон сердца, в результате чего прекращается кровообращение и сердце останавливается.

Как при параличе дыхания, так и при параличе сердца функции органов самостоятельно не восстанавливаются, в этом случае необходимо оказание первой помощи (искусственное дыхание и массаж сердца). Кратковременное действие больших токов не вызывает ни паралича дыхания, ни фибрилляции сердца. Сердечная мышца при этом резко сокращается и остается в таком состоянии до отключения тока, после чего продолжает работать.

Действие тока величиной 100 мА в течение 2 – 3 секунд приводит к смерти (смертельный ток).

Ожоги происходят вследствие теплового воздействия тока, проходящего через тело человека, или от прикосновения к сильно нагретым частям электрооборудования, а также от действия электрической дуги. Наиболее сильные ожоги происходят от действия электрической дуги в сетях 35 – 220 кВ и в сетях 6 – 10 кВ с большой емкостью сети. В этих сетях ожоги являются основными и наиболее тяжелыми видами поражения. В сетях напряжением до 1000 В также возможны ожоги электрической дугой (при отключении цепи открытыми рубильниками при наличии большой индуктивной нагрузки).

Электрические знаки — это поражения кожи в местах соприкосновения с электродами круглой или эллиптической формы, серого или бело-желтого цвета с резко очерченными гранями ($D = 5 - 10$ мм). Они вызываются механическим и химическим действиями тока. Иногда появляются не сразу после прохождения

электрического тока. Знаки безболезненны, вокруг них не наблюдается воспалительных процессов. В месте поражения появляется припухлость. Небольшие знаки заживают благополучно, при больших размерах знаков часто происходит омертвление тела (чаще рук).

Электрометаллизация кожи – это пропитывание кожи мельчайшими частицами металла вследствие его разбрызгивания и испарения под действием тока, например при горении дуги. Поврежденный участок кожи приобретает жесткую шероховатую поверхность, а пострадавший испытывает ощущение присутствия инородного тела в месте поражения. Исход поражения зависит от площади пораженного тела, как и при ожоге. В большинстве случаев металлизированная кожа сходит и следов не остается.

Кроме рассмотренных возможны следующие травмы: поражение глаз от действия дуги; ушибы и переломы при падении от действия тока и т. д.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Воздействие тока на организм человека по характеру и последствиям поражения зависит от следующих факторов:

- величины тока;
- длительности воздействия тока;
- частоты и рода тока;
- приложенного напряжения;
- пути прохождения тока через тело человека;
- состояния здоровья человека и фактора внимания.

Величина тока, протекающего через тело человека, зависит от напряжения прикосновения $U_{\text{ПР}}$ и сопротивления тела человека $R_{\text{Ч}}$.

$$I_{\text{Ч}} = U_{\text{ПР}} / R_{\text{Ч}}.$$

Сопротивление тела человека – величина нелинейная, зависящая от многих факторов: сопротивления кожи (сухая, влажная, чистая, поврежденная и т. д.); от величины тока и приложенного напряжения; от длительности протекания тока.

Наибольшим сопротивлением обладает верхний роговой слой кожи:

- при снятом роговом слое $R_{\text{Ч}} = 600 - 800 \text{ Ом}$;
- при сухой неповрежденной коже $R_{\text{Ч}} = 10 - 100 \text{ кОм}$;
- при увлажненной коже $R_{\text{Ч}} = 1000 \text{ Ом}$.

Для анализа травматизма сопротивление кожи человека принимают $R_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом}$.

С ростом тока, проходящего через человека, его сопротивление уменьшается, т. к. при этом увеличивается нагрев кожи и растет потоотделение. По этой же причине снижается $R_{\text{ч}}$ с увеличением длительности протекания тока. Чем выше приложенное напряжение, тем больше ток человека $I_{\text{ч}}$, тем быстрее снижается сопротивление кожи человека.

Оказывается, что биологическая ткань реагирует на электрическое раздражение, только в момент возрастания или убывания тока.

Постоянный ток как не изменяющийся во времени по величине и напряжению, ощущается только в моменты включения и отключения от источника. Обычно его действие тепловое (при длительном включении). При больших напряжениях он может вызывать электролиз ткани и крови. По мнению многих исследователей, постоянный ток напряжением до 300 В менее опасен, чем переменный ток того же напряжения. Большинство исследователей пришли к выводу, что переменный ток промышленной частоты 50 – 60 Гц является наиболее опасным для организма. Это объясняется следующим образом. При приложении к клетке постоянного тока частицы внутриклеточного вещества расщепляются на ионы разного знака, которые устремляются к внешней оболочке клетки. Если на клетку воздействует ток переменной частоты, то, следуя за изменениями полюсов переменного тока, ионы будут перемещаться то в одну, то в другую сторону. При некоторой частоте тока ионы будут успевать проходить двойную ширину клетки (туда и обратно). Эта частота и соответствует наибольшему возмущению клетки и нарушению ее биохимических функций (50 – 60 Гц).

С увеличением частоты переменного тока амплитуда колебаний ионов уменьшается, и при этом происходит меньшее нарушение биохимических функций клетки. При частоте порядка 500 кГц этих изменений уже не происходит. Здесь опасным для человека являются ожоги от теплового воздействия тока.

Оказывается, что ток в теле человека проходит не обязательно по кратчайшему пути. Наиболее опасным является прохождение тока через дыхательные органы и сердце по продольной оси (от головы к ногам).

Часть общего тока, проходящего через сердце:

- путь рука - рука – 3,3 % общего тока;

- путь левая рука - ноги – 3,7 % общего тока;
- путь правая рука - ноги – 6,7 % общего тока;
- путь нога - нога – 0,4 % общего тока.

Исход поражения при воздействии электрического тока зависит от психического и физического состояния человека.

При заболеваниях сердца, щитовидной железы и т.п. человек подвергается более сильному поражению при меньших значениях тока, т.к. в этом случае уменьшается электрическое сопротивление тела человека и уменьшается общая сопротивляемость организма внешним раздражениям. Отмечено, например, что для женщин пороговые значения токов примерно в 1,5 раза ниже, чем для мужчин. Это объясняется более слабым физическим развитием женщин. При применении спиртных напитков сопротивление тела человека падает, уменьшается сопротивляемость организма человека и внимание. При собранном внимании сопротивление организма повышается.

Растекание тока в земле при замыкании

При замыкании на землю через грунт начинает протекать аварийный ток I_3 , который коренным образом изменяет состояние электроустановок с точки зрения ее безопасности. При этом появляются напряжения между корпусами электрооборудования и землей, а также между отдельными точками поверхности земли, где могут находиться люди.

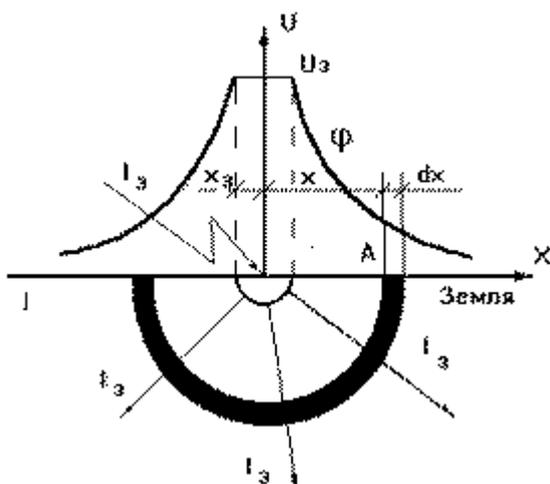


Рис. 1. Растекание тока в земле через полусферический заземлитель

При протекании тока на элементарном участке dx (рис. 11.2) создается падение напряжения dv (принят полусферический заземлитель).

$$dv = I_3 \cdot d \left(\frac{\rho \cdot dl}{S} \right) = \frac{\rho \cdot dx}{2\pi x^2} ; \quad dv = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x^2} \cdot dx$$

где ρ – удельное сопротивление грунта;

$S = 2\pi x^2$ – сечение полусферы.

Определим разность потенциалов между точкой А с координатой X и точкой, где потенциал $\varphi = 0$, т.е. $x = \infty$:

$$\varphi_A = U = \int_x^{x=\infty} dU = \frac{I_3}{2\pi} \cdot \int_x^{x=\infty} \frac{dx}{x^2} = \frac{I_3}{2\pi x};$$

$$k = \frac{I_3 \rho}{2\pi} = \text{const} \quad \text{Тогда} \quad U = \frac{k}{x}$$

Это уравнение гиперболы (см. рис. 1).

Максимальное падение напряжения будет у заземлителя, а более удаленные точки грунта, имея большое поперечное сечение, оказывают меньшее сопротивление току I_3 . Если поместить точку А на поверхность электрода на расстоянии X_3 от центра, то ее потенциал будет равен

$$\varphi = U_3 = I_3 \cdot \rho / 2\pi X_3 = I_3 R_3,$$

где R_3 – сопротивление растеканию тока.

Это есть напряжение электрода относительно земли. *Материал заземления* – металл. Он имеет малое удельное сопротивление, поэтому падение напряжения на заземлителе ничтожно мало. Корпус электроустановки, заземленной через этот заземлитель, будет иметь тот же потенциал, если пренебречь падением напряжения в сопротивлении соединительных проводов. Из экспериментов выяснено, что на расстоянии 20 метров от заземлителя потенциал практически равен нулю.

Напряжение шага $U_{ш}$ (В) – есть напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек. При этом длина шага a принимается равной 0,8 м.

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} - \frac{I_3 \rho}{2\pi(x+a)} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x+a} \right) = U_3 \beta,$$

где β – коэффициент шага.

Таким образом, если человек удален на расстояние более 20 м от заземлителя, коэффициент b практически равен нулю, шаговое напряжение $U_{\text{ш}} = 0$, т.е. с удалением от заземлителя $U_{\text{ш}}$ уменьшается.

Напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}(B)$ есть напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, или разность потенциалов рук и ног.

$$U_{\text{пр}} = \varphi_{\text{р}} - \varphi_{\text{н}},$$

где $\varphi_{\text{р}}$, $\varphi_{\text{н}}$ – потенциалы рук и ног относительно земли.

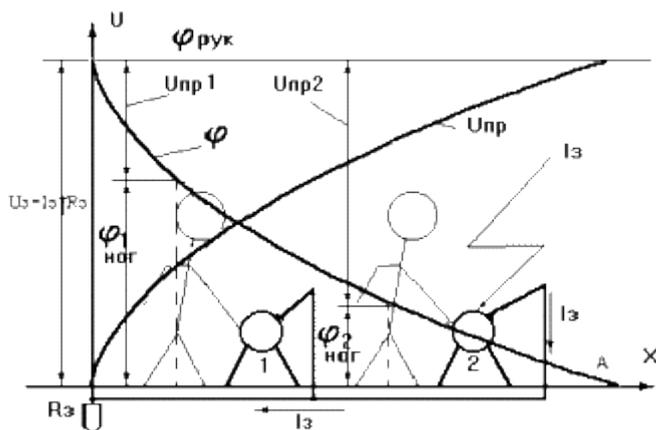


Рис. 2. Схема напряжения прикосновения к заземленным токоведущим частям

При пробое на корпус заземлитель и связанные с ним элементы оборудования получают напряжение относительно земли $U_3 = I_3 R_3$, следовательно, руки человека, касаясь корпусов в любом месте, получают этот потенциал:

$$\varphi_{\text{р}} = U_3 = I_3 R_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi * x_3}.$$

Потенциал ног определяется формой потенциальной кривой при растекании тока и удалением от заземлителя:

$$\varphi_{\text{н}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi * x},$$

следовательно,

$$U_{\text{пр}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi * x_3} - \frac{I_3 \rho}{2\pi * x} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{x_3} - \frac{1}{x} \right) = U_3 * \alpha$$

где $\alpha = \frac{x - x_3}{x}$ – коэффициент прикосновения для полусферических заземлителей.

При расстоянии $X = \infty$ (практически $X = 20\text{м}$) напряжение прикосновения имеет наибольшее значение (точка А, рис. 11.2) $U_{\text{пр}} = \Phi_3$, при этом $\alpha = 1$. Это наиболее опасный случай прикосновения. При наименьшем значении x , когда человек стоит непосредственно на заземлителе, $U_{\text{пр}} = 0$; $\alpha = 0$. Это безопасный случай. При других значениях x в пределах 0-20 м $U_{\text{пр}}$ плавно возрастает от 0 до Φ_3 , а α от 0 до 1.

Анализ условий опасности в трехфазных сетях

Анализ условий опасности трехфазных электрических сетей практически сводится к определению величины тока, протекающего через человека, и к оценке влияния различных факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, изоляции токоведущих частей от земли и т.п.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью силу тока ($I_{\text{ч}}$), проходящего через тело человека при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы (рис. 11.3), определяют следующим выражением в комплексной форме:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}} + Z/3,$$

где Z – комплекс полного сопротивления одной фазы относительно земли.

$$\leq 1000 \text{ В}$$

<img width=295

Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током

В соответствии с ПУЭ по степени опасности поражения людей электрическим током производственные помещения подразделяются на:

1. Помещения с повышенной опасностью.

Они характеризуются наличием одного из следующих условий:

- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные и т. д.);

- высокая температура (более 35°C);
- относительная влажность более 75%;
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, технологическому оборудованию, имеющим соединение с землей, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой стороны.

2. Помещения особо опасные.

Они характеризуются наличием одного из следующих условий:

- особая сырость (влажность около 100%);
- химическая активная или органическая среда, действующая на изоляцию;
- одновременное наличие 2 и более условий для помещений повышенной опасности.

3. Помещения без повышенной опасности.

В них отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Защитные меры в электроустановках

Защита от возможности случайного прикосновения к токоведущим частям.

Электрические сети и установки должны быть выполнены так, чтобы токоведущие части их были недоступны для случайного прикосновения.

Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположение токоведущих частей на недоступной высоте.

В установках напряжением до 1000 В достаточную защиту обеспечивает применение изолированных проводов. В случае, когда невозможно достигнуть надежной изоляции или ограждения токоведущих частей, применяются блокировки (электрические и механические) для автоматического отключения опасного напряжения при попадании человека в опасную зону. Конструктивное выполнение ограждений зависит от напряжения установки. Ограждения должны быть выполнены так, чтобы снять их и открыть можно было при помощи ключей или инструмента. Не допускаются сетчатые ограждения токоведущих частей в жилых, общественных и других бытовых помещениях. Ограждения должны быть здесь сплошные.

ПУЭ предусматривает различные виды испытаний и контроля изоляции

1. Приемосдаточные испытания изоляции. Все электрические машины и аппараты напряжением до 1000 В испытываются напряжением 1000 В в течении одной минуты.
2. Периодический контроль изоляции. Осуществляется путем измерения сопротивления изоляции мегаомметром. Измерение производится на отключенной установке, периодичность измерений не реже 1 раза в год. Сопротивление изоляции сети до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм.

Постоянный контроль изоляции (ПКИ). ПКИ осуществляется в сетях с изолированной нейтралью. В практике применяются приборы постоянного контроля типов: на постоянном оперативном токе и вентильные. Вентильная схема контроля изоляции приведена на рис. 1.

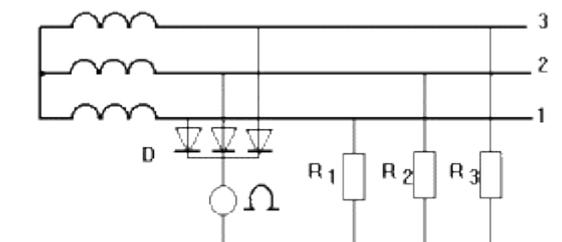


Рис. 1. Вентильная схема

Прибор измеряет сопротивление изоляции всей сети:

$$R_{U3} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

Недостатки схемы:

при неисправности прибора он показывает ∞ , т.е. исправную изоляцию;
точность измерения зависит от колебаний напряжения сети и от степени несимметрии сопротивлений изоляции.

Преимущества: простота, не требуется оперативного постоянного тока.

Схема контроля изоляции на трех вольтметрах приведена на рис. 12.2.

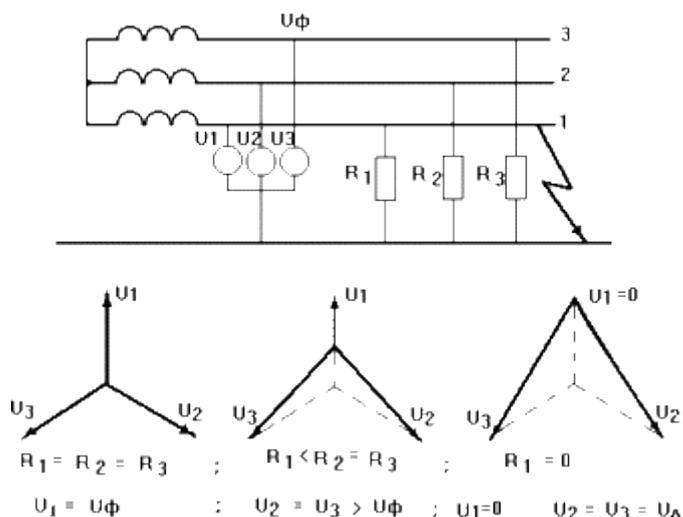


Рис.2. Схема трех вольтметров

Схема контроля изоляции на трех вольтметрах позволяет судить не только об ухудшении изоляции, но и о замыканиях на землю (глухих).

Существуют для таких цепей и схемы на напряжение нулевой последовательности или на ток нулевой последовательности.

Применение малых напряжений. ПТЭ и ПТБ устанавливают ограничения напряжения ручных токоприемников для помещений различных категорий.

Для помещений особо опасных:

- ручной инструмент - напряжение 42 В;
- переносные светильники - напряжение 12 В;
- шахтерские лампы - напряжение 2,5 В.

Для помещений с повышенной опасностью:

- ручной инструмент - напряжение 42 В;
- светильники - напряжение 42 В.

При невозможности применять напряжение 42 В ПТБ разрешает использовать электроинструмент на $U = 220$ В при наличии устройства защитного отключения или надежного заземления корпуса электроинструмента с обязательным использованием защитных средств (перчатки, коврики).

В качестве источников малых напряжений используются трансформаторы. Для уменьшения опасности при переходе высшего напряжения в сеть низшего вторичная обмотка трансформатора заземляется. Применение автотрансформаторов в качестве

источников малого напряжения для питания переносного электроинструмента запрещается.

Двойная изоляция. При двойной изоляции, кроме основной рабочей изоляции токоведущих частей, применяют еще один слой изоляции, которым покрываются металлические нетокведущие части, могущие оказаться под напряжением. Возможно изготовление корпусов электрооборудования из изолирующего материала (пластмассы, капрон). Широкое использование двойной изоляции ограничивается ввиду отсутствия пластмасс и покрытий стойких к механическим повреждениям. Поэтому область применения двойной изоляции ограничена. Она используется в электрооборудовании небольшой мощности (инструмент, переносные токоприемники, бытовые приборы).

Выравнивание потенциала. Этот метод находит применение при работах на линиях электропередач, подстанциях. На подстанциях высокого напряжения выравнивание потенциалов осуществляется расположением заземлителей по контуру вокруг заземленного оборудования на небольшом расстоянии друг от друга, а внутри контура прокладывают в земле горизонтальные полосы (рис. 3).

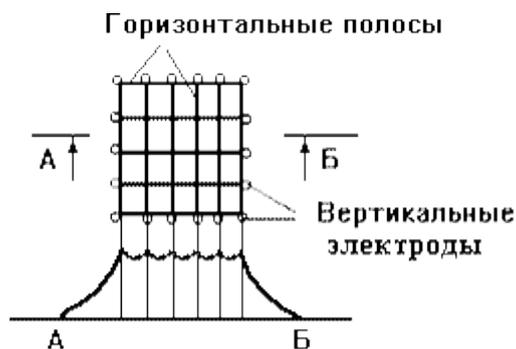


Рис. 3. Заземлитель с выравниванием потенциала

Расстояние от границ заземлителя до ограды электроустановки с внутренней стороны должно быть не менее 3 м. Поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка на поверхности грунта внутри контура имеет значительный потенциал. Вследствие этого разность потенциалов между точками, находящимися внутри контура, снижена и коэффициент напряжения прикосновения а намного меньше единицы. Коэффициент напряжения шага также меньше максимально возможной величины.

Защита от опасности перехода напряжения с высшей стороны на низшую. Появление в сети напряжения, намного превышающего номинальное, может привести

как к выходу из строя токоприемников, изоляция которых не рассчитана на это напряжение, так и к поражению персонала током, так как при этом обычно происходит замыкание на корпус и появляются опасные напряжения прикосновения и шага.

Защита сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью от возможного перехода в эту сеть высшего напряжения осуществляется при помощи установки пробивного предохранителя (рис. 4).

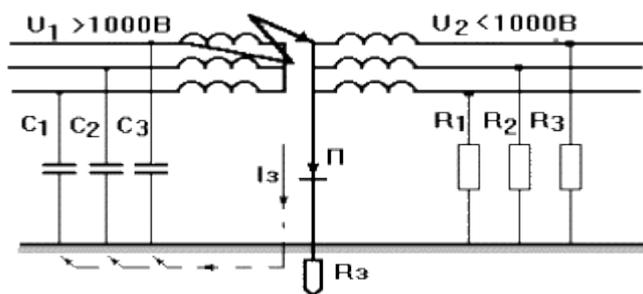


Рис. 4. Схема включения пробивного предохранителя

Рассмотрим два случая при $U_{1л} = 6000$ В, $U_{2ф} = 220$ В.

1. *Замыкание на высокой стороне.* Пробивной предохранитель П отсутствует. При замыкании напряжение между нейтральной точкой и землей будет равно

$$U_0 = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3460 \text{ В}$$

Напряжение фазных проводов сети 380 В будет $U_{2ф} = 3460 + 220 = 3680$ В.

Последствием этого случая может быть пробой изоляции и появление на корпусе напряжения 3680 В.

2. *Замыкание на высокой стороне.* Нейтраль с низшей стороны заземлена через пробивной предохранитель П. Согласно ПУЭ сопротивление заземления должно быть $R_3 \leq 125 / I_3$, это значит, что напряжение между нейтральной точкой и землей при замыкании не превышает 125 В. Напряжение фазных проводов сети 380 В будет

$$U_{2ф} = 125 + 220 = 345 \text{ В.}$$

При этом пробоя изоляции не будет. В сетях с заземленной нейтралью предохранители не устанавливаются. Безопасность в них обеспечивается правильным выбором сопротивления заземления R_3 .

Защита от потери внимания, ориентировки и неправильных действий. Эта защита осуществляется путем применения блокировок, сигнализации, специальной окраски оборудования, маркировки, знаков безопасности.

Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Цель защитного заземления - снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, нормально не находящихся под напряжением. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается напряжение прикосновения и, как следствие, ток проходящий через человека, при прикосновении к корпусам.

$$U_{\text{ПР}} = \alpha * U_3 ; I_{\text{ч}} = U_{\text{ПР}}/R_{\text{ч}}.$$

Защитное заземление может быть эффективным только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления растеканию тока в земле. Это возможно только в сетях с изолированной нейтралью, где при коротком замыкании ток I_3 почти не зависит от сопротивления R_3 , а определяется в основном сопротивлением изоляции проводов.

Заземляющее устройство бывает выносным и контурным. Выносное заземляющее устройство применяют при малых токах замыкания на землю, а контурное - при больших.

Согласно ПУЭ заземление установок необходимо выполнять:

- при напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока - во всех электроустановках;
- при напряжении выше 42 В , но ниже 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях.

Для заземляющих устройств в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители:

- водопроводные трубы, проложенные в земле;

- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей;
- металлические оболочки кабелей (кроме алюминиевых);
- обсадные трубы артезианских скважин.

Запрещается в качестве заземлителей использовать трубопроводы с горючими жидкостями и газами, трубы теплотрасс.

Естественные заземлители должны иметь присоединение к заземляющей сети не менее чем в двух разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяют:

- стальные трубы с толщиной стенок 3.5 мм, длиной 2 - 3 м;
- полосовую сталь толщиной не менее 4 мм;
- угловую сталь толщиной не менее 4 мм;
- прутковую сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м и более.

Все элементы заземляющего устройства соединяются между собой при помощи сварки, места сварки покрываются битумным лаком. Допускается присоединение заземляющих проводников к корпусам электрооборудования с помощью болтов.

Расчет защитного заземления. Расчет защитного заземления имеет целью определить число вертикальных заземлителей и их размеры; размещение заземлителей; длины соединительных горизонтальных проводников и их сечения. Расчет заземления может производиться как по допустимому сопротивлению растекания тока заземлителя, так и по допустимым напряжениям прикосновения и шага.

В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя. При этом, в основном применяется способ коэффициента использования (когда земля считается однородной) и реже - способ наведенных потенциалов (когда земля принимается двухслойной).

Порядок расчета.

1. Уточняют исходные данные: тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, план электроустановки с указанием всех основных размеров оборудования, формы и размеры электродов заземляющего устройства, удельное сопротивление грунта, характеристика климатической зоны, данные об естественных заземлителях, расчетный ток замыкания на землю, расчетные значения допустимых

напряжений прикосновения и шага, и время действия защиты, если расчет производится по напряжениям прикосновения и шага.

2. Определяют требуемое сопротивление растеканию заземляющего устройства R_3 по таблице 1.

Таблица 1.

Сопротивления защитных заземлителей в электрических установках

Характеристика установок	Допустимое сопротивление заземлителей R_3 , Ом
Установки напряжением выше 1000 В. Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ($I_3 > 500$ А)	$R_3 \leq 0,5$
Заземляющее устройство одновременно используется для установок напряжением до и выше 1000 В ($I_3 < 500$ А)	$R_3 = 125 / I_3 \leq 4$
Заземляющее устройство используется только для установок выше 1000 В и током замыкания на землю $I_3 < 500$ А	$R_3 = 250 / I_3 \leq 10$
Электроустановки напряжением 380 / 220 В	$R_3 \leq 4$

3. Определяют путем замера или расчетом возможное сопротивление растеканию естественных заземлителей R_E .

Если $R_E < R_3$, то устройство искусственного заземления не требуется. Если $R_E > R_3$, то необходимо устройство искусственного заземления. Сопротивление, Ом, растекания искусственного заземления $R_{И} = R_3 R_E / (R_E - R_3)$. Далее расчет ведется по $R_{И}$.

4. Определяют удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{из}}$ справочников. При производстве расчетов эти значения должны умножаться на коэффициент сезонности K_C , зависящий от климатических зон и вида заземлителей. Расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей (вертикальных заземлителей) $\rho_{\text{РАСЧ. В}} = K_C \rho$; для протяженного заземлителя $\rho_{\text{РАСЧ. П}} = K' \rho$.
5. Определяют сопротивление, Ом, растеканию одного вертикального заземлителя – стержневого круглого сечения (трубчатый или уголковый) в земле (рис. 5.)

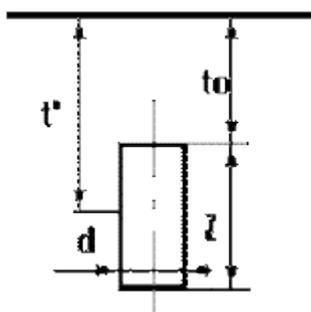


Рис. 5. Расположение вертикального заземлителя в земле

$$R_B = \frac{0.366 \rho_{\text{РАСЧ. В}}}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right)$$

При этом $l \gg d$; $to \gg 0,5$ м; для уголка с шириной полки b получают $d = 0,95b$. Все размеры даны в метрах, а удельное сопротивление грунта в Ом х м.

6. Установив характер расположения заземлителей в ряд или контуром, определяют число вертикальных заземлителей $n_B = R_E / (\eta_E R_{\text{И}})$, где η_E - коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от количества заземлителей и расстояния между ними.
7. На площади установки заземлителей размещают вертикальные заземлители n_B и определяют длину соединительной полосы $l_p = 1,1 n_B * a$, где a - расстояние между вертикальными заземлителями (обычно отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине принимают равным $a / l = 1; 2; 3$).

Расчет на этом можно закончить и не определять сопротивление соединительной полосы, поскольку длина ее относительно невелика (в этом случае фактическая величина сопротивления заземляющего устройства будет несколько завышена).

Зануление

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник - проводник, соединяющий зануляемые части с нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

Зануление применяется в сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. В случае пробоя фазы на металлический корпус электрооборудования возникает однофазное короткое замыкание, что приводит к быстрому срабатыванию защиты и тем самым автоматическому отключению поврежденной установки от питающей сети. Такой защитой являются: плавкие предохранители или максимальные автоматы, установленные для защиты от токов коротких замыканий; автоматы с комбинированными расцепителями.

При замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключается, если ток однофазного короткого замыкания I_3 удовлетворяет условию $I_3 \geq k * I_N$, где I_N – номинальный ток плавкой вставки предохранителя или ток срабатывания автоматического выключателя, А; k - коэффициент кратности тока.

Для автоматов $k = 1,25 - 1,4$. Для предохранителей $k = 3$.

Проводимость нулевого защитного проводника должна быть не менее 50 % проводимости фазного провода. В качестве нулевых защитных проводников применяют голые или изолированные проводники, стальные полосы, кожухи шинпроводов, алюминиевые оболочки кабелей, различные металлоконструкции зданий, подкрановые пути и т.д.

При обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва, при отсутствии повторного заземления, напряжение между корпусами и землей будет равно фазному напряжению.

При наличии повторного заземления напряжение на корпусах за местом обрыва снизится до значения

$$U_3 = I_3 * R_{\Pi} = U_{\Phi} * R_{\Pi} / (R_3 + R_{\Pi}),$$

где R_3 – сопротивление заземления нейтрали,

R_{Π} – сопротивление повторного заземления. Зануление рассчитывается на отключающую способность; на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (расчет заземления нейтральной); на безопасность прикосновения к корпусу

при замыкании фазы на корпус (расчет повторного заземления нулевого защитного проводника).

Расчет на отключающую способность проводится для наиболее удаленных в электрическом смысле точек сети

$$I_3 = U_{\Phi} / (Z_{\text{ТР}}/3 + Z_{\Pi}),$$

где U_{Φ} – фазное напряжение сети, В;

$Z_{\text{ТР}}/3$ – сопротивление фазы трансформатора, Ом;

Z_{Π} – полное сопротивление петли фаза - нуль линии до наиболее удаленной точки сети, для трансформаторов мощностью более 630 кВА сопротивление фазы трансформатора можно принять равным нулю.

$$Z = \sqrt{(R_{\Phi} + R_0)^2 + (X_{\Phi} + X_0 + X_{\Pi})^2},$$

где R_{Φ} , R_0 - активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводника;

X_{Φ} , X_0 - индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводника;

X_{Π} - сопротивление взаимоиנדукции петли фаза - нуль.

Индуктивные сопротивления медных и алюминиевых проводников малы, и ими можно пренебречь.

Расчет зануления на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю или корпус сводится к расчету заземления нейтральной точки трансформатора и повторных заземлителей нулевого защитного проводника. Согласно ПУЭ сопротивление заземления нейтрали должно быть не более: 8 Ом при 220/127 В; 4 Ом при 380/220 В; 2 Ом при 660/280 В.

Сопротивление повторных заземлителей должно быть не более: 20 Ом при 220/127 В; 10 Ом при 380/220 В; 5 Ом при 660/280 В.

Методика расчета количества вертикальных и горизонтальных заземлителей нейтрали и повторных заземлителей аналогична методике расчета заземления. Согласно ПУЭ повторные заземлители выполняются на концах воздушных линий и их ответвлений, а также на вводах в здания, установки которых подлежат занулению.

Защитное отключение

Защитное отключение – это система защиты, автоматически отключающая электроустановку при возникновении опасности поражения человека электрическим током (при замыкании на землю, снижении сопротивления изоляции, неисправности заземления или зануления). Защитное отключение применяется тогда, когда трудно выполнить заземление или зануление, а также в дополнение к нему в некоторых случаях.

В зависимости от того, что является входной величиной, на изменение которой реагирует защитное отключение, выделяют схемы защитного отключения: на напряжение корпуса относительно земли; на ток замыкания на землю; на напряжение или ток нулевой последовательности; на напряжение фазы относительно земли; на постоянный и переменный оперативные токи; комбинированные.

Одна из схем защитного отключения на напряжение корпуса относительно земли приведена на рис. 6.

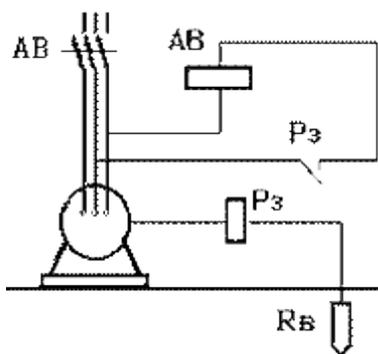


Рис. 6. Схема защитного отключения на напряжение корпуса относительно земли

Основным элементом схемы является защитное реле P_3 . При замыкании на корпус одной фазы корпус окажется под напряжением выше допустимого, сердечник реле P_3 втягивается и замыкает цепь питания катушки автоматического выключателя АВ, в результате чего электроустановка отключается.

Достоинством схемы является простота. Недостатки: необходимость иметь вспомогательное заземление R_B ; неселективность отключения в случае присоединения нескольких корпусов к одному заземлению; непостоянство уставки при изменениях сопротивления R_B . Устройства защитного отключения, реагирующие на ток нулевой

последовательности, применяют для любых напряжений как с заземленной, так и с изолированной нейтралью.

Принцип действия УЗО как защитного выключателя, реагирующего на ток утечки, поясняется схемой (рис. 7).

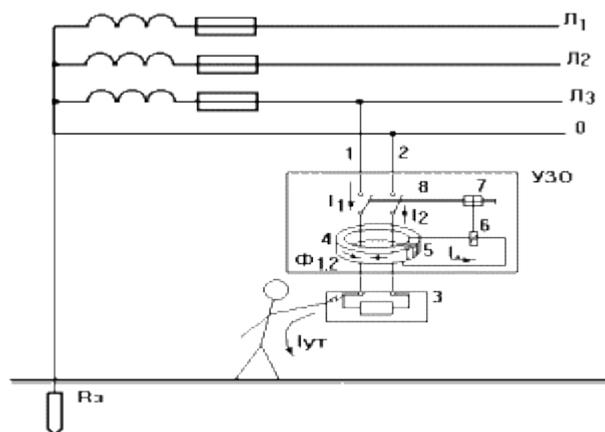


Рис. 7. Схема электроустановки с УЗО

До тех пор пока утечка отсутствует, т.е. нет пробоя или повреждения изоляции электроприемника или нет прямого прикосновения человека к токоведущим частям, токи в прямом (1) и обратном (2) проводниках нагрузки (3) равны и наводят в магнитном сердечнике (4) трансформатора тока УЗО равные, но встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , в результате чего ток во вторичной обмотке (5) равен нулю и не вызывает срабатывание чувствительного элемента - магнитоэлектрической защелки (6). При возникновении утечки, например, прикосновение человека к фазному проводнику, баланс токов и магнитных потоков нарушается ($I_1 = I_2 + I_{ут}$, $\Phi_1 \neq \Phi_2$), во вторичной обмотке появляется ток небаланса $I\Delta$, который вызывает срабатывание защелки (6), воздействующей в свою очередь на механизм расцепителя (7) и контактную систему (8). Электромеханическая система УЗО рассчитывается на срабатывание при определенных значениях - "уставках" тока утечки. Наиболее широко применяются УЗО с уставками 10, 30 и 100 мА.

Устройства, реагирующие на напряжение нулевой последовательности, применяются в трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и малой протяженностью. Устройства защитного отключения, реагирующие на ток замыкания, применяются для установок, корпуса которых изолированы от "земли" (ручной электроинструмент, передвижные установки и т.д.).

Организация безопасной эксплуатации электроустановок

К обслуживанию действующих электроустановок допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр при приеме на работу. Повторные медицинские осмотры персонала проводятся не реже 1 раза в 2 года. Обслуживающий электротехнический персонал должен изучать действующие Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), а также знать приемы освобождения пострадавшего от действия электрического тока и оказания доврачебной помощи. Ежегодно электротехнический персонал подвергается проверке знаний Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. При положительном результате проверки знаний работникам электрохозяйств выдается удостоверение на право работы на электроустановках с присвоением квалификационной группы по технике безопасности II, V.

Организация эксплуатации электроустановок предусматривает ведение необходимой технической документации.

В документацию входят:

- эксплуатационный или оперативный журнал, в котором отмечаются прием и сдача смены, распоряжения начальника цеха об изменении режимов работы и т. д.;
- журнал для записи обнаруженных неисправностей, требующих устранения;
- журнал или ведомость показаний контрольно-измерительных приборов, а также журнал контроля за наличием, состоянием и учетом защитных средств;
- журнал производства работ и бланки нарядов на производство ремонтных и наладочных работ в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Прием и сдачу дежурным электротехническим персоналом, обход и осмотр электрооборудования следует производить согласно требованиям ПТБ.

Дежурный электромонтер несет ответственность за правильное обслуживание, безаварийную работу и безопасную эксплуатацию электроустановок. В целом по предприятию ответственность несут главный энергетик, начальник электроцеха, а на отдельных участках – старшие электрики, мастера. Все работы производят при обязательном соблюдении следующих условий:

- на работу должно быть выдано разрешение уполномоченным на это лицом (наряд, устное, письменное или телефонное распоряжение);
- работу должны производить, как правило, не меньше чем два лица;
- должны быть выполнены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность персонала.

Организационные мероприятия. Организационными мероприятиями, обеспечивающими производство работ в электроустановках, являются оформление работы нарядом или распоряжением; оформление доступа к работе; надзор во время работы; оформление перерывов в работе и переходов на другое место работы; оформление окончания работ. Наряд есть письменное распоряжение на работу в электроустановках, определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ, выдающие наряд или распоряжение; ответственного руководителя работ; лицо оперативного персонала – допускающий к работе; производителя работ или наблюдающего; рабочие, входящие в состав бригады.

Технические мероприятия. К техническим мероприятиям относятся: отключение ремонтируемого электрооборудования и принятие мер против ошибочного его включения или самоотключения; вывешивание на рукоятках выключателей запрещающих плакатов “Не включать - работают люди”, “Не включать - работа на линии” и т. п.; проверка наличия напряжения на отключенной электроустановке и присоединения переносного заземления; ограждение рабочего места и вывешивание плакатов “Работать здесь”, “Стой - высокое напряжение”.

Список литературы

1. Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для студ. инженерно-технических спец. вузов / Т.И. Трофимова. - 8-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2004. - 544 с. : ил.

2. Савельев И.В. Курс общей физики : в 5 кн.: учебник. Кн. 1. Механика / И.В. Савельев. - [Б. м.] : М., 2004. - 336 с.

3. Собурь С.В. Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий : справочник / С. В. Собурь. - М. : ПожКнига, 2005. - 88 с.

4. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий : справочник / ред. С. В. Собоурь. - 3-е изд., доп. - М. : ПожКнига, 2007. - 192 с. : ил.

5. Основы пожарной безопасности технологических процессов производства: методические указания к выполнению практических работ / В. В. Слюсаренко, О.В.Кабанов, А.В.Хизов.- Саратов: ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2008.- 22с.

6. Вовк А.И. Безопасность жизнедеятельности населения в чрезвычайных ситуациях.Ч.1: Учеб. пособие: учебное пособие / А.И. Вовк. - Саратов: СГАУ, 2004.- 124с.

Лекция 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА И ВИДОВ ПРИБОРОВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Средства оповещения и тушения пожаров.

Системы автоматической пожарной сигнализации (АПС) предназначены для обнаружения пожара в начальной стадии и оповещения службы пожарной охраны, а также подачи сигналов (команд) на включение систем аварийной вентиляции, дымоудаления, автоматических устройств пожаротушения (АУП).

Система АПС состоит из пожарных извещателей, линий связи, приемных станций. Пожарные извещатели бывают ручные (приводятся в действие человеком, обнаружившим пожар), и автоматические, преобразующие контролируемый признак пожара (тепло, дым, свет или их комбинацию) в электрический сигнал, передаваемый по линии связи на приемную станцию.

АУП в зависимости от используемых средств пожаротушения бывают: водяные (спринклерные и дренчерные), водно-пенные, воздушно-пенные, газовые (двуокись углерода, азот, негорючие газы), порошковые, комбинированные.

Наибольшее распространение получили спринклерные и дренчерные установки. Спринклерная установка состоит из источника водоснабжения, насосов, контрольно-сигнального клапана, магистральных и распределительных водопроводов, спринклерных головок. Головки, ввернутые в распределительный водопровод, размещают под потолком помещения из условия орошения одним спринклером 9 ...12 м² площади пола помещения. Выходное отверстие головки закрыто клапаном и легкоплавкой пробкой. При повышении температуры до 720 °С пробка расплавляется, клапан выбрасывается и вода разбрызгивается розеткой. При этом обеспечивается высокое быстроедействие установки, т.к. вода в распределительном водопроводе постоянно находится под давлением.

Дренчерные головки, смонтированные в распределительный водопровод, не имеют клапанов и плавких пробок, т.е. имеют открытые отверстия, водопровод не заполнен водой. Дренчерная система приводится в действие от пожарной сигнализации или вручную. На заполнение водопровода водой требуется определенное время, поэтому

быстродействие дренчера существенно меньше, чем спринклера. Спринклеры применяются в помещениях категорий А и Б, а дренчеры - для создания водяных завес с целью препятствия распространения пожара.

Пожарная связь сигнализация на объектах устанавливается в соответствии с РД 78.145-93 «Системы, и комплексы, охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации».

Различают следующие виды средств пожаротушения: первичные, стационарные и передвижные средства пожаротушения.

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители, гидropомпы (небольшие поршневые насосы), ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна, войлочные маты, кошмы, ломы, пилы, топоры. Огнетушители бывают химические пенные (ОХП-10, ОХПВ-10 и другие), углекислотные (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), углекислотно-бромэтиловые (ОУБ-3, ОУБ-7), порошковые (ОПС-6, ОПС-10).

Углекислотные огнетушители наполнены сжиженным углекислым газом, находящимся под давлением 6 МПа. Для приведения их в действие достаточно открыть вентиль. Углекислый газ выходит в виде снега и сразу превращается в газ.

Порошковые огнетушители применяются для тушения горящих щелочных металлов. Выброс порошкового заряда из баллона производится с помощью сжатого воздуха, подаваемого из баллончика.

Первичные средства пожаротушения должны содержаться в соответствии с паспортными данными на них. Не допускается использование средств пожаротушения, не имеющих соответствующих сертификатов.

Стационарные пожаротушительные установки представляют собой неподвижно смонтированные аппараты, трубопроводы и оборудование, которые предназначены для подачи огнегасительных средств к местам загорания.

Помещения, здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с Приложением 3 ППБ 01-03. Помещения, оборудованные автоматическими стационарными установками пожаротушения, обеспечиваются огнетушителями на 50%, исходя из их расчетного количества.

При определении видов первичных средств пожаротушения следует учитывать физико-химические и пожароопасные свойства горючих веществ, их отношение к огнетушащим веществам, а также площадь производственных объектов.

В общественных зданиях на каждом этаже должны размещаться не менее двух ручных огнетушителей. Помещения категории «Д» могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 м².

Огнетушители, отправленные предприятием на перезарядку, должны заменяться заряженными огнетушителями.

Пожар характеризуется следующими признаками: неорганизованным процессом горения, протеканием этого процесса стихийно, нанесением ущерба.

Ограничение распространения пожара комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение или ограничение образования и распространения опасных факторов пожара. Достигается, прежде всего, за счет средств и способов снижения интенсивности, ограничения площади и продолжительности горения.

Пожары сопровождаются различными химическими и физическими явлениями: хим. реакцией горения, выделением тепла и продуктов горения, образованием газового обмена. Эти явления могут вызвать деформацию и обрушение конструкций, трубопроводов и технологического оборудования, взрывы технологических установок, ВВ, смеси горючих газов с воздухом, вскипание и выброс горящих жидкостей. Для прекращения горения необходимо только одно условие: понизить температуру в зоне горения до такой величины, чтобы скорость теплоотдачи превысила скорость тепловыделения. В условиях тушения пожара это достигается путем физического и химического воздействия на реакцию горения огнетуш. ср- вами. Существуют 4 способа прекращения горения: воздействие на поверхность горящих материалов охлаждающими огнетуш. ср- вами; создание в зоне горения негорючей газовой или паровой среды; изоляция горючего материала от окружающей среды; торможение хим. реакции горения путем воздействия на нее хим. активными огнетуш. средствами; Каждому способу соответствует определенный вид огнетуш. средств: охлаждающие (вода, водные растворы солей, углекислота в снегообразном виде и др.) разбавляющие (углекислый газ, водяной пар, азот и др.) изолирующие (хим. и ВМП, порошки, песок, флюсы, тальк, мел и др.) огнетуш. средства хим. торможения горения (бромистый этилен, составы 3,5 и др.). Все огнетуш. средства обладают комбинированным воздействием на горение веществ. Например вода может охлаждать и изолировать (или разбавлять), пены изолируют и охлаждают, газовые средства как ингибиторы и разбавители, порошки ингибируют и создают условия огнепреграждения. Вместе с тем для любого огнетуш.

сред- ва характерно доминирующее свойство. Например, вода оказывает преимущественно охлаждение, пены- изолирующие, порошки- ингибирующие действия. Поэтому при выборе огнетуш. веществ следует исходить из возможности получить наилучший огнетуш. эффект при минимальном их расходе.

Библиографический список

1. Собурь, С. В. Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий : справочник / С. В. Собурь. - М. : ПожКнига, 2005. - 88 с. - (Б-ка нормативно-технического работника). - ISBN 5-98629-004-6.
2. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий : справочник / ред. С. В. Собурь. - 3-е изд., доп. - М. : ПожКнига, 2007. - 192 с. : ил. - (Б-ка нормативно-технического работника). - ISBN 978-5-98629-014-0.
3. Собурь, С. В. Краткий курс пожарно-технического минимума : учебное пособие / С. В. Собурь. - 3-е изд., доп. (с изменениями). - М. : ПожКнига, 2007. - 296 с. : ил. - (Б-ка нормативно-технического работника) (Пожарная безопасность предприятия). - ISBN 978-5-98629-016-4.
4. Пожарная безопасность промпредприятий : справочник / ред. С. В. Собурь. - 2-е изд., доп. (с изм.). - М. : ПожКнига, 2007. - 176 с. - (Б-ка нормативно-технического работника). - ISBN 5-98629-013-5.
5. Бабуров, В. П. Автоматические установки пожаротушения. Вчера. Сегодня. Завтра : учебно-справочное пособие. Ч. 1, 2 / В. П. Бабуров, В. В. Бабурин, В. И. Фомин. - М. : Пожнаука, 2007. - 294 с. : ил. - ISBN 978-5-91444-003-6.
6. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».

7. СП 5.13130.2009. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».
8. СП 6.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».
9. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».
10. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».
11. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».