

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Омский государственный технический университет»

Е. О. Каргаполова

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Учебное текстовое электронное издание
локального распространения*

Омск
Издательство ОмГТУ
2015

Сведения об издании: [1](#), [2](#)

© ОмГТУ, 2015

ISBN 978-5-8149-2077-5

УДК 614.841.3(075)

ББК 68.9я73

К21

Рецензенты:

E. M. Артаменко, начальник ФГБОУ ДПО
«Омский учебный центр ФПС»;

C. A. Ковалев, канд. техн. наук, доцент,
завкафедрой «БЖД и ГО» ОмГУ им. Ф. М. Достоевского

Каргаполова, Е. О.

К21 Пожарная безопасность технологических процессов : учеб. пособие / Е. О. Каргаполова ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015.

ISBN 978-5-8149-2077-5

Рассмотрены различные виды технологических процессов, пожарная опасность на соответствующих объектах, мероприятия по проведению противопожарной безопасности с учетом требований.

Для студентов очной и заочной форм обучения специальности 280705 «Пожарная безопасность».

УДК 614.841.3(075)

ББК 68.9я73

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2077-5

© ОмГТУ, 2015

1 электронный оптический диск

Оригинал-макет издания выполнен в Microsoft Office Word 2007 с использованием возможностей Adobe Acrobat X.

Минимальные системные требования:

- процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;
- оперативная память 256 Мб;
- свободное место на жестком диске 260 Мб;
- операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7;
- разрешение экрана 1024×576 и выше;
- акустическая система не требуется;
- дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Редактор *Т. А. Москвитина*
Компьютерная верстка *Ю. П. Шелехиной*

Сводный темплан 2015 г.
Подписано к использованию 02.09.15.
Объем 756 Кб.

Издательство ОмГТУ.
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12
Эл. почта: info@omgtu.ru

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно на Земле происходит около 7 млн пожаров, при которых гибнут до 70 тыс. человек, в России – около 240 тыс. пожаров, при которых погибают 18–19 тыс. человек и около 14 тыс. получают ожоги, травмы иувечья. Только прямой ущерб от пожаров превышает 7 млрд руб.

Пожарная безопасность технологических процессов сложилась и развивается на стыке наук о технологии производственных процессов. Поэтому технологические процессы, анализ пожарной опасности того или иного аппарата, операции технологического процесса в целом исследуются с учетом фундаментальных законов физики, химии, термодинамики, механики и общенаучных дисциплин, изучаемых студентами в вузе.

Являясь прикладной специальной дисциплиной, пожарная безопасность технологических процессов обобщает и использует научный и практический опыт работы противопожарной службы по осуществлению надзорных функций за противопожарным режимом на промышленных объектах.

Цель курса «Пожарная безопасность технологических процессов» – научить специалистов оценивать пожарную опасность современного технологического оборудования, определять категории помещений, зданий, наружных технологических установок по взрывопожарной опасности, разрабатывать мероприятия по пожарной безопасности технологических процессов и производств в целом. Для этого необходимо знание закономерностей протекания основных типовых технологических процессов, а также соответствующих им аппаратов, основ пожаровзрывоопасности технологического производства и методов обеспечения пожаровзрывобезопасности на промышленных объектах.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЖАРОВЗРЫВОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

1.1. Общие сведения о технологии и технологических процессах

Способ производства – это совокупность всех операций, которые проходит сырье до получения из него конечного продукта. Он слагается из последовательных операций, протекающих в соответствующих аппаратах и на соответствующем оборудовании. Совокупность машин и аппаратов, в которых сырье перерабатывается до конечного продукта, называется **технологической системой**.

Последовательное описание и графическое изображение операций, протекающих в соответствующих машинах и аппаратах, носит название **технологической схемы**.

Технологическим режимом называется совокупность параметров, определяющих условия работы аппарата или системы аппаратов.

Технологический процесс – производственный процесс переработки сырьевых ископаемых, химических веществ, растительных и сельскохозяйственных ресурсов с целью получения веществ и материалов с новыми свойствами и с целью получения готовой продукции.

Понятие технологии относят к конкретным отраслям производства, например, можно говорить о технологии добычи и переработки нефти, технологиях машиностроения, производства электрической энергии, металлургии, лесопереработки и т. д.

Технология (от греч. техно – искусство, мастерство и логос – мысль, причина) – в широком смысле это совокупность методов, процессов и материалов, используемых в какой-либо отдельной отрасли, а также научное описание способов технического производства; в узком смысле это комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт, эксплуатацию оборудования.

Для производства конечного продукта используют различные виды сырья как природного, так и искусственно созданного.

Термин «технология» впервые предложил в 1772 году немецкий учёный Иоган Бекман.

Наиболее новые и прогрессивные технологии современности относятся к высоким технологиям: микроэлектроника, вычислительная техника, робототехника, атомная энергетика, космическая техника, микробиология, нанотехнология.

Технологию можно поделить на механическую (техническую) и химическую.

Механическая технология занимается изменением формы и физических свойств материала (механическая обработка металлов, древесины).

Химическая технология изучает процессы изменения состава, свойств и строения вещества.

Но такое деление условно, так как при механической переработке вещества могут происходить химические реакции (плавка и литье металла в формы), а химические превращения могут сопровождаться механическими процессами (при очистке сырья используют гидромеханические процессы, тепло- и массообменные явления).

С середины XIX века технология стала формироваться как самостоятельная наука с фундаментальным базисом, основной задачей которой стала разработка режимов и последовательности производственных процессов.

Любое производство содержит ряд технологических процессов, направленных на получение конечной готовой продукции из исходного сырья.

Технологический процесс можно рассматривать как часть производственного процесса, связанная с различными видами воздействия, направленными на изменение свойств или на состояние обращающихся в процессе веществ и изделий.

Из всего многообразия технологических процессов выделяются основные типы: *механический, тепловой, гидродинамический и аэродинамический, диффузионный, химический*.

Механические процессы. К механическим процессам переработки относятся измельчение исходных твердых материалов, их транспортирование, сортировка и смешивание. Применяются процессы резания, исти-

рания, наматывания, кручения, вытягивания, ковки, прессования, литья. Их скорость связана с физико-механическими свойствами материалов: однородностью, пластичностью, хрупкостью. Механические процессы реализуются в дробилках, мельницах, прессах и другом оборудовании.

Тепловые процессы. К ним относятся нагревание и охлаждение, выпаривание и конденсация. Нагревание твердых тел, жидкостей и газов сопровождается их расширением и, как следствие, появлением механических напряжений в конструкциях аппаратов. Тепловые процессы протекают в различных теплообменных и огневых аппаратах, плавильных и нагревательных печах, холодильниках.

Гидромеханические и аэромеханические процессы. К этим процессам относятся перемещение жидкостей и газов, их сжатие, разбавление, перемешивание, отстаивание. Аэромеханические и гидравлические процессы чаще всего организуются с использованием труб и аппаратов, работающих под давлением. К таким аппаратам относятся сосуды высокого давления, насосы, компрессоры, циклоны, фильтры.

Диффузионные процессы. К ним относятся сорбция, перегонка, экстракция из растворов и пористых твердых тел, растворение, кристаллизация, сушка. Многие диффузионные процессы массопереноса при нагревании и центрифугировании протекают быстрее. К числу аппаратов с диффузионными процессами относятся ректификационные колонны, сушилки, кристаллизаторы, перегонные кубы.

Химические процессы. Скорость и энергетика их протекания определяются законами химической кинетики. К химическим процессам относятся реакции синтеза, окислительно-восстановительные реакции, реакции омыления, выщелачивания и т. д. Химические процессы связаны с условиями транспортирования сред по технологическим коммуникациям, давлением и температурой в аппаратах.

Основным документом, определяющим порядок проведения технологического процесса, является **технологический регламент**. Соблюдение условий и требований технологического регламента обеспечивает качест-

во выпускаемой продукции, сохранность оборудования, безопасность на производстве. В технологический регламент входят общая характеристика производства, характеристика выпускаемой продукции, характеристика сырья и материалов, описание технологического процесса, нормы расхода сырья и энергоресурсов, контроль производства, экологические оценки, технологическая схема производства, спецификация основного технологического оборудования, декларация пожарной безопасности.

Технологическая схема – графическая часть технологического проекта, содержащая совокупность технологических аппаратов (аппаратное оформление), обеспечивающих физико-химический процесс производства продукции.

Технологическая карта – своеобразный паспорт, гарантирующий установленное качество изготавливаемой продукции, безопасность и экологичность процесса производства, его технико-экономическую эффективность. В технологических картах приводится регламент изъятия проб промежуточных сред с целью контроля их химического состава, влажности, вязкости и т. д., в зависимости от того, как это требует технологический регламент. Также указываются марки топлив и смазочных материалов, параметры электропотребления. Необоснованная замена топлив и смазочных масел на другие нередко приводит к аварийным ситуациям и пожарам.

1.2. Противопожарные мероприятия

В технологические системы производства встраиваются технологии обнаружения и предотвращения развития аварий, пожаров и взрывов. Это системы производственной автоматики: системы автоматического управления и регулирования технологическими процессами и системы автоматической противопожарной защиты, включающие автоматическую пожарную сигнализацию, установки автоматического пожаротушения, автоматическую противопожарную защиту в технологических процессах и автоматические системы защиты людей от опасных факторов пожаров.

Общие определения по пожарной безопасности технологических процессов с учетом требований приведены в «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» [39].

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризуемое возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [39, ст. 2, с. 8 , п. 20].

Пожарная безопасность объекта достигается комплексом технических, организационных и управленческих решений, предусмотренных противопожарным режимом на объекте.

Противопожарный режим – комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации оборудования, направленных на обеспечение пожарной безопасности данного объекта.

Пожарная опасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризуемое возможностью возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара. Оценку пожарной опасности технологических процессов следует проводить на основе расчета их риска [39, ст. 2, с. 8 , п. 22].

Допустимый пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара [39, ст. 2, с. 7, п. 8].

Главенствующими определяющими пожарной опасности технологического процесса являются:

- наличие пожарной нагрузки: горючих твердых, жидкых и газообразных веществ;
- величина возможного избыточного давления при диффузионном сгорании газов, паров и пылевоздушных смесей как в оборудовании, в помещениях, так и в открытом пространстве;
- температурный режим всего технологического процесса или какой-либо его составляющей.

Требования к проектированию, размещению и эксплуатации технологического оборудования и комплексы мер по обеспечению пожарной

безопасности определяются уровнем пожарной опасности производственного объекта. Все это определено в ГОСТ Р 12.3.047–98. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» [8].

В соответствии с этим документом предусматриваются две категории опасности, определяемые составом групп пожаровзрывоопасных веществ в зонах размещения технологических установок и их пороговым количеством:

- технологические процессы повышенной пожарной опасности;
- технологические процессы с простым уровнем пожарной опасности, в которых обращаются горючие жидкости и горючие твердые вещества, не характерные для технологических процессов повышенной опасности, или общее количество пожаровзрывоопасных веществ.

1.3. Физико-химические закономерности в технологии

Подвод реагирующих компонентов в зону реакции совершается молекулярной диффузией или конвекцией. При сильном перемешивании реагирующих веществ конвективный перенос называют также турбулентной диффузией. В двух- или многофазных системах подвод реагирующих компонентов может совершаться *абсорбией, адсорбией или десорбией газов, конденсацией паров, плавлением твердых веществ или их растворением, испарением жидкостей или возгонкой твердых веществ.*

Химические реакции – это второй этап химико-технологического процесса. В реагирующей системе обычно происходит несколько последовательных (а иногда и параллельных) химических реакций, приводящих к образованию основного продукта, а также протекают побочные процессы между основными исходными веществами и примесями, которые в исходном сырье неизбежны. В результате кроме основных продуктов образуются побочные продукты или же отходы и отбросы производства.

Параметром технологического режима называют величину, характеризующую какое-либо устройство или режим работы аппарата, используемую в качестве основного показателя их действия (протекания). К основным параметрам технологического процесса относятся *температура, давление, концентрация реагентов, объемная скорость потока реагентов, сила тока, напряжение и ряд других величин*. По фазовому состоянию все системы взаимодействующих веществ и соответствующие процессы разделяют на однородные (гомогенные) и неоднородные (гетерогенные).

Гомогенные системы – это системы, в которых все реагирующие вещества находятся в одной фазе: либо в газообразном, либо в жидком, либо в твердом состоянии. Фаза – это однородная часть системы, ограниченная поверхностью раздела.

Гетерогенные системы – это системы, в которых реагирующие вещества могут быть двухфазные или многофазные, например, один из реагирующих компонентов – газ, а другой – жидкость или твердое вещество. В производственной практике наиболее часто встречаются такие двухфазные системы: газ–жидкость (г–ж), газ–твердое (г–т), жидкость–твердое (ж–т). Но могут быть и другие варианты: ж–ж (имеются в виду несмешивающиеся жидкости), т–т. Гетерогенные системы могут быть и многофазные, такие как г–ж–т, г–т–т, ж–т–т, г–ж–т–т и т. п.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. Технологические процессы

Технологический аппарат – это техническое устройство, в котором возможно производить различные манипуляции, например перерабатывать, транспортировать, хранить сырье и продукты переработки.

Оборудование и аппаратура, используемые в технологическом процессе, подразделяются на основные и вспомогательные. К основной аппаратуре относят химические реакторы, в которых реализуется собственно

процесс химического превращения сырья в готовую продукцию. К вспомогательной аппаратуре относят те аппараты, назначением которых является подготовка, перемещение и разделение веществ, участвующих в процессе.

Тепловые процессы.

К тепловым процессам относятся: *нагревание, охлаждение, конденсация, испарение и выпаривание, теплообмен*.

Тепловые процессы протекают в различных теплообменных и огневых аппаратах, плавильных, нагревательных печах и холодильниках.

Нагревание – процесс повышения температуры перерабатываемых материалов путем подвода к ним тепла. Нагревание применяется в химико-технологическом процессе для ускорения массообменных и химических процессов.

Охлаждение – процесс понижения температуры перерабатываемых веществ и материалов путем отвода от них тепла. В качестве хладагентов для охлаждения применяются вода, воздух, холодильные растворы.

Конденсация – процесс сжижения паров вещества путем отвода от них тепла. По принципу контакта хладагента с конденсируемым паром различают следующие виды конденсации: поверхностную конденсацию, когда сжижение паров происходит на поверхности охлаждаемой водой стенки аппарата; конденсацию смешением, когда охлаждение и сжижение паров происходит при непосредственном контакте их с охлаждающей водой.

Выпаривание – процесс концентрирования растворов твердых нелетучих веществ путем удаления из них летучего растворителя в виде пара. Условием протекания процесса выпаривания является равенство давления пара над раствором и давления пара в рабочем объеме выпарного аппарата.

Гидромеханические и аэромеханические процессы.

К гидромеханическим и аэромеханическим процессам, протекающим в гетерогенных фазах (минимум, двухфазных) и подчиняющимся законам гидродинамики, относятся: осаждение, отстаивание, фильтрование, псевдоожижение, циклонирование, центрифугирование.

Осаждение – это процесс разделения жидких или газовых неоднородных систем путем выделения из жидкой или газовой фазы твердых или жидких частиц дисперсной фазы.

Для **отстаивания** применяются отстойники различного типа периодического и непрерывного действия, снабженные в ряде случаев гребками для удаления твердого осадка.

Для **циклонирования** применяются аппараты-циклоны, в которых центробежная сила возникает за счет вращения потока газа или жидкости. Способ циклонирования применяется для разделения пыли и реже – для разделения суспензий (гидроциклизование).

Для **центрифугирования** (разделение суспензий и эмульсий) используются центрифуги, в которых центробежная сила создается за счет вращения самого аппарата. Центрифуги для разделения эмульсий называются сепараторами.

Фильтрование – это процесс разделения суспензий, пылей и туманов путем пропускания их через пористую перегородку (фильтр), способную задерживать взвешенные в дисперсионной среде частицы. В качестве материала фильтров используются зернистые материалы (гравий, песок), ткань, сетки из металлических и полимерных нитей, пористые керамика и пластические массы.

Псевдоожижение – процесс приведения твердого зернистого материала в состояние, при котором его свойства приближаются к свойствам жидкости. Псевдоожиженные системы способны принимать форму аппарата (емкости), перемещаться по трубопроводу, выталкивать тела меньшей плотности. Такие системы обладают свойствами вязкости и текучести.

Диффузионные (массообменные) процессы.

Массообменные процессы – это процессы, которые определяются скоростью переноса вещества из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия (скорость массопередачи). В процессе массообмена принимают участие три компонента: распределяющее вещество, составляющее первую фазу; распределяющее вещество, составляющее вторую фазу, и распределаемое вещество, переходящее из первой фазы во вторую.

К массообменным процессам относятся абсорбция, ректификация, экстракция, адсорбция, сушка.

Абсорбция – процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями (абсорбентами). Абсорбция – процесс избирательный и обратимый. Поэтому в сочетании с обратным абсорбции процессом десорбции он используется для разделения газовых смесей на отдельные компоненты.

Адсорбция – процесс поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

Ректификация – процесс разделения жидких однородных смесей на составляющие их компоненты или группы компонентов (фракции) в результате взаимодействия паровой и жидкой фаз. При ректификации происходит многократное испарение жидкости и конденсации паров, движущихся противотоком, в результате чего осуществляется непрерывный массо- и теплообмен между ними.

Экстракция – процесс извлечения одного или нескольких растворенных веществ из жидкой фазы другой фазой, практически не смешивающейся с первой.

Сушка – процесс удаления летучего компонента (чаще всего влаги) из твердых материалов путем его испарения и отвода образующегося пара.

Для контактной сушки используются сушильные шкафы; сушилки, оборудованные мешалками; вальцовые сушилки. Для газовой сушки применяются камерные, тунNELьные, ленточные, барабанные и распылительные сушилки периодического и непрерывного действий.

2.2. Технологическое оборудование

Технологическое оборудование для перемещения, сжатия и разрежения жидкостей и газов.

Движущей силой, обеспечивающей перемещение жидкостей, является перепад давлений, создаваемый специальными гидравлическими машинами, которые можно разделить на четыре большие группы:

- *динамические* (центробежные, осевые, вихревые и др.), в которых механическая энергия вращающихся лопаток воздействует на незамкнутый объем жидкости, перемещаемый от входа в насос до выхода из него;
- *объемные* (поршневые, пластинчатые, шестеренные, винтовые и др.), в которых жидкость периодически всасывается и вытесняется из замкнутого объема твердыми телами;
- *струйные* (эжекторы, инжекторы), в которых движение потока жидкости создается струями газа (пара), воды;
- *пневматические* (эрлифты, газлифты, пневматические подъемники (монтежю) и др.), движение жидкости в которых создается давлением газа.

Технологическое оборудование для тепловых и химических процессов.

Теплообменная аппаратура: кожухотрубные (кофухотрубчатые) теплообменные аппараты, теплообменники типа «труба в трубе», змеевиковые теплообменники. В теплообменных аппаратах могут происходить различные тепловые процессы: нагревание, охлаждение, испарение, конденсация, кипение и др. Теплообменные аппараты по принципу действия подразделяют на поверхностные (рекуперативные), регенеративные и смесительные.

Смесительные теплообменники подразделяют на градирни, конденсаторы смешения, аппараты с барботажем газа, аппараты с погружными горелками. Поверхностные теплообменные аппараты представляют собой теплообменные устройства, в которых теплоносители разделены стенкой различной конфигурации, через которую передается тепловой поток.

Технологическое оборудование для химических процессов.

К химическим процессам относятся реакции синтеза, окислительно-восстановительные реакции, реакции омыления и выщелачивания и т. д. Химические процессы связаны с условиями транспортирования сред по технологическим коммуникациям, давлением и температурой в аппаратах.

Химический реактор – это основной аппарат химико-технологической схемы. Именно в химическом реакторе протекает химический про-

цесс, являющийся главной стадией всего химико-технологического процесса. В технологической схеме химический реактор сопряжен с аппаратами подготовки сырья и аппаратами разделения реакционной смеси и очистки целевого продукта.

Во всех реакторах происходят определенные физические процессы (гидродинамические, тепловые и диффузионные), с помощью которых создаются оптимальные условия проведения собственно химического превращения вещества (химической реакции). Критериями, по которым классифицируют реакционную аппаратуру, являются периодичность или непрерывность процесса, его гидродинамический и тепловой режимы, физические свойства взаимодействующих веществ.

По организации процесса реакторы подразделяются на три группы.

Первая группа – реакторы периодического действия. В реакторах периодического действия все отдельные стадии процесса протекают последовательно, в разное время. Характер изменения концентрации реагирующих веществ одинаков во всех точках реакционного объема, но различен во времени для одной и той же точки объема. Параметры технологического процесса в периодически действующем реакторе изменяются во времени. Реакторы периодического действия малопроизводительны и плохо поддаются автоматическому контролю и регулированию.

Вторая группа – реакторы непрерывного действия. В реакторах непрерывного действия все отдельные стадии процесса химического превращения вещества (подача реагирующих веществ, химическая реакция, выход готового продукта) осуществляются параллельно, одновременно. Характер изменения концентрации реагирующих веществ в реакционном объеме различен в каждый момент времени в разных точках объема аппарата, но постоянен во времени для одной и той же точки объема. Однако продолжительность реакции в реакторах непрерывного действия нельзя измерить непосредственно. В непрерывно действующих реакторах осуществляется большинство химических реакций на современных крупнотон-

нажных производствах. Эти реакторы высокопроизводительны, легко поддаются механизации обслуживания, автоматическому контролю и регулированию при управлении, в том числе с применением быстродействующих электронно-вычислительных машин.

Третья группа – реакторы полунепрерывного (полупериодического) действия. Реакторы полунепрерывного (полупериодического) действия работают в неустановившихся условиях, так как одни реагенты поступают непрерывно, а другие – периодически. Реакторы полупериодического действия используются на малотоннажных производствах, когда изменение скорости подачи реагентов позволяет регулировать скорость процесса, например, при проведении экзотермических реакций.

По тепловому режиму различают три вида реакторов.

1. Изотермический реактор характеризуется постоянством температуры во всем реакционном объеме.

2. Адиабатический реактор характеризуется полным отсутствием теплообмена с окружающей средой. В адиабатическом реакторе имеет место наибольший перепад температур реагирующих веществ на входе и выходе из аппарата, который возрастает для экзотермических процессов и убывает для эндотермических.

3. Политропический реактор в нем происходит внешний теплообмен, но не пропорционально тепловому эффекту реакции. Поэтому тепловой режим (изменение температуры в реакционном объеме) определяется не только собственно тепловым эффектом процесса химического превращения вещества, но и в не меньшей степени теплотехническими и конструктивными факторами реакционной аппаратуры. Подача теплоты осуществляется через стенку, разделяющую охлаждающийся или нагревающийся потоки, или непосредственным их смешением.

По конструкции реакторы различают следующим образом: реакционной камеры, колонны, теплообменники, печи.

Конструктивный тип реактора зависит от условий проведения процесса и свойств участвующих в нем веществ. К важнейшим факторам, определяющим устройство реактора, относятся:

- агрегатное состояние исходных веществ и продуктов реакции, также их химические свойства;
- температура и давление, при котором протекает процесс;
- тепловой эффект процесса и скорость теплообмена;
- интенсивность перемешивания реагентов;
- непрерывность или периодичность процесса;
- удобство монтажа и ремонта аппарата, простота его изготовления;
- доступность конструкционных материалов и т. д.

Технологическое оборудование для механических процессов.

Измельчение – процесс многократного разрушения твердого тела на части под действием внешних сил, превышающих силы молекулярного притяжения в измельчаемом теле.

Дробление твердых материалов обычно осуществляют сухим способом, а тонкое измельчение – мокрым способом, что исключает пылеобразование и облегчает транспортирование получаемых продуктов. Основными способами измельчения являются удар, раздавливание, истирание, раскалывание и резание. Наиболее общим является способ классификации по виду энергии, используемой для измельчения. Это механические дробилки, механические мельницы (с мелющими телами), взрывные, пневматические, электрогидравлические, электроимпульсные, электротермические размольно-дробильные аппараты, аэродинамические и пневмомеханические мельницы (струйные аппараты без мелящих тел).

Технологическое оборудование для перемещения твердых веществ и материалов: типы транспортеров и принцип их действия.

На многих стадиях технологических процессов возникает необходимость в перемещении твердых материалов, которое осуществляется подъемно-транспортными устройствами или сооружениями.

Подъемно-транспортные устройства можно классифицировать следующим образом:

- по организации процесса (непрерывный и периодический транспорт);
- по направлению перемещения транспортируемого материала (горизонтальное или слабонаклонное, вертикальное или крутонаклонное, смешанное или пространственное);
- по роду перемещаемого материала (сыпучие материалы и штучные грузы).

К сыпучим материалам относятся порошкообразные и кусковые материалы, перемещаемые навалом.

К штучным грузам – изделия, имеющие определенную форму, а также материалы, упакованные в тару.

По конструктивным особенностям для различных случаев транспортировки твердых материалов применяют следующие подъемно-транспортные устройства:

- для горизонтального перемещения – транспортеры ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые, вибрационные, пневматические транспортные желоба;
- для вертикального перемещения – элеваторы;
- для смешанного перемещения – транспортеры с погружными скребками, устройства пневматического и гидравлического транспорта.

3. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности пожаровзрывоопасность и пожарная опасность технологических сред характеризуется показателями пожаровзрывоопасности и пожарной опасности веществ, обращающихся в технологическом процессе, и параметрами технологического процесса. Перечень показателей, необходимых

для оценки пожаровзрывоопасности и пожарной опасности веществ, приведен в табл. 1 приложения к ФЗ № 123 – ФЗ от 22 июля 2008 г.

Технологическая среда – сырьевые вещества и материалы, полу продукты и продукты, обращающиеся в технологической аппаратуре (технологической системе).

Пожарная опасность технологических сред – возможность возникновения и (или) развития пожара, обусловленная физико-химическими свойствами и параметрами указанных сред.

Технологические среды могут представлять собой:

- индивидуальные химические вещества в чистом виде и в виде технического продукта;
- смеси индивидуальных веществ;
- природные и искусственные материалы;
- технологические полу продукты производства, которые выделяются в виде самостоятельных фракций и накапливаются в количествах, создающих пожарную опасность.

Согласно ст.16 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности технологические среды по пожаровзрывоопасности подразделяются на следующие группы: пожароопасные, пожаровзрывоопасные, взрывоопасные, пожаробезопасные.

Оценка пожарной опасности в аппаратах с горючими жидкостями и меры профилактики.

Аппараты с жидкостями подразделяются на аппараты с подвижным и неподвижным уровнем жидкости.

Согласно ГОСТ 12.1.044 – 89 жидкости – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре, равной 25°C , и давлении, равном 101,3 кПа, меньше 101,3 кПа. В случае однокомпонентной жидкости при длительном хранении горючей жидкости в паровоздушном объеме рабочая концентрация (φ_p) равна концентрации насыщенного пара (φ_s) [7].

Рабочую концентрацию паров определяют по формуле

$$\varphi_p = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100,$$

где P_s – давление насыщенных паров, кПа; P_p – рабочее давление в аппарате, кПа.

Аппараты с неподвижным уровнем жидкости. Внутри закрытого аппарата с неподвижным уровнем горючей жидкости горючая среда может образоваться только при наличии в аппарате свободного от жидкости объема (газового пространства), который сообщается с атмосферой и в той или иной степени насыщается парами жидкости, и количество паров в свободном пространстве может быть достаточным для образования в смеси с воздухом или другим окислителем горючей концентрации.

Концентрация в паровоздушном пространстве аппаратов с легко воспламеняющимися (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ) при неподвижном уровне жидкости близка к концентрации насыщенного пара: $\varphi_p = \varphi_s$. В связи с этим опасность образования горючей среды или горючей концентрации в закрытом аппарате с неподвижным уровнем жидкости может быть оценена путем проверки двух условий:

- наличия над зеркалом жидкости паровоздушного объема;
- выполнения зависимости $T_{НТПВ} \leq T \leq T_{ВТПВ}$, где T расчетная температура жидкости; $T_{НТПВ}$ и $T_{ВТПВ}$ – соответственно, нижний и верхний температурные пределы распространения (воспламенения) пламени (с учетом давления среды в аппарате).

Концентрация паров горючей жидкости при этом входит в область воспламенения.

Предотвращению образования горючей среды в закрытых аппаратах и емкостях с неподвижным уровнем жидкости способствуют следующие технические решения.

1. Ликвидация свободного паровоздушного пространства.

2. Поддержание безопасного температурного режима.
3. Снижение концентрации паров горючей жидкости в паровоздушном пространстве при заданной температуре.
4. Введение негорючих (инертных) газов в паровоздушное пространство аппарата.

Аппараты с подвижным уровнем жидкости. К аппаратам с подвижным уровнем жидкости относятся в частности резервуары для хранения ЛВЖ и ГЖ, которые по условиям технологии периодически заполняются или опорожняются. При снижении уровня жидкости в аппарат через дыхательный клапан поступает воздух и разбавляет насыщенные пары. Если концентрация паров в резервуаре была больше верхнего концентрационного предела распространения (воспламенения) пламени (т. е. была негорючей), то при откачке жидкости во всем объеме газового пространства или только в зоне притока воздуха паровоздушная смесь может становиться горючей.

Предотвращению образования горючей среды в закрытых аппаратах и емкостях с подвижным уровнем жидкости способствуют следующие решения:

- ликвидация свободного паровоздушного пространства путем применения плавающих крыш и pontонов;
- введение негорючих (инертных) газов в газовое пространство аппарата;
- уменьшение скорости изменения уровня жидкости путем увеличения числа одновременно опорожняемых аппаратов;
- исключение или сокращение входа атмосферного воздуха в опорожняемый аппарат путем устройства газовой обвязки синхронно работающих аппаратов.

Оценка пожарной опасности в аппаратах с горючими газами и меры профилактики.

Аппараты с газом. Условие пожаровзрывобезопасности аппаратов с горючими газами аналогично условию пожаровзрывоопасности аппаратов с горючими жидкостями и описано в ГОСТе [7, прил. 4].

Обычно аппараты и трубопроводы при нормальной работе заполнены горючим газом или смесью газов без примеси окислителя. Пожаровзрывоопасная концентрация внутри таких аппаратов и трубопроводов образоваться не может из-за отсутствия окислителя. Рабочая концентрация в них $\Phi_p = 100\%$.

Для предупреждения образования горючей концентрации в аппаратах с газами используются следующие технические решения.

1. Поддержание рабочей концентрации горючего газа в смеси с окислителем за концентрационными пределами воспламенения с помощью систем автоматики.

2. Поддержание в газовых коммуникациях избыточного давления, предотвращающего подсос наружного воздуха через неплотности.

3. Непрерывный автоматический контроль содержания опасной примеси в газе (наличие окислителя в инертном газе, окислителя в смеси горючего и инертного газов, горючего в окислителе).

Оценка пожарной опасности аппаратов с горючими пылями и меры профилактики.

Горючая пыль может находиться в двух состояниях: аэровзвесь (во взвешенном состоянии в объёме воздуха), аэрогель. Аэровзвесь способна взрываться. Пожарная опасность аэрогеля определяется лёгкостью поджигания, способностью самовозгораться, способностью скапливаться в больших количествах и переходить во взвешенное состояние.

Многие технологические процессы связаны с получением или выделением в качестве побочного продукта пылевидных материалов. Пылевидным материалом может быть и сырье, используемое для технологического процесса (в порошковой металлургии используются порошки, в производстве резины – сажа).

Для пожарной профилактики важно знать условия перехода пыли из одного состояния в другое. Этот переход определяется скоростью осаждения твердой частицы, то есть минимальной скоростью газовой среды, при которой твердая частичка с определенными свойствами начинает оседать.

Пыль во взвешенном состоянии (аэровзвесь) в смеси с воздухом представляет большую пожарную опасность. В диспергированном состоянии вещество приобретает свойства, отличающие его от исходного вещества. Пыли с пределом воспламенения менее $65 \text{ г}/\text{м}^3$ считаются взрывоопасными, с пределом воспламенения $65 \text{ г}/\text{м}^3$ и более – пожароопасными. Этот пограничный показатель НКПР $65 \text{ г}/\text{м}^3$ определен нормативными документами: ППБ 01–93, ПУЭ, СНиП.

4. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ВЫХОДА ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ НОРМАЛЬНО РАБОТАЮЩЕГО И ПОВРЕЖДЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Пожарная опасность выхода горючих веществ из нормально работающих аппаратов

Аппараты с открытой поверхностью испарения.

В современном производстве довольно часто эксплуатируются аппараты с открытой поверхностью испарения. К ним относятся ванны для окраски окунанием, ванны для пропитки тканей, ванны для пропитки бумаги смолами, ванны для промывки и обезжиривания деталей растворителями. Эти аппараты являются наиболее опасными, так как даже при их нормальной работе возможно поступление большого количества паров горючих веществ в воздушное пространство производственного помещения.

Мероприятия, направленные на снижение пожарной опасности аппаратов с открытой поверхностью испарения:

- замена легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на негорючие растворители;

- совершенствование технологического оборудования;
- изыскание наиболее рациональных форм концентрации технологических аппаратов;
- устройство местной вентиляции;
- закрывание технологических аппаратов во внерабочее время.

Пожарная опасность аппаратов, имеющих дыхательные устройства.

Аппараты с дыхательными устройствами.

На промышленных предприятиях эксплуатируются технологические аппараты, при нормальном режиме работы которых возможен выход горючих веществ наружу, так как они связаны с окружающей средой посредством дыхательной арматуры. К ним относятся мерники, уравнительные сосуды, различные ёмкости для хранения (резервуары, питательные сосуды и т. д.).

При нормальном режиме работы возможны два явления:

- горючие пары выходят из аппарата в помещение или окружающую среду;
- воздух входит в аппарат и разбавляет паровоздушную среду до взрывоопасной концентрации.

При работе таких аппаратов различают «большое» и «малое» дыхание.

«Большое дыхание» – вытеснение паров наружу или подсос воздуха внутрь аппарата при изменении в нём объёма горючей жидкости.

«Малое дыхание» – вытеснение паров наружу или подсос воздуха внутрь аппарата при изменении температуры окружающей среды.

Мероприятия, направленные на снижение опасности образования горючей среды у дыхательных устройств при «больших» и «малых» дыханиях:

- уменьшение или ликвидация паровоздушного пространства путем поддержания постоянного высокого уровня жидкости в аппаратах либо применение резервуаров с плавающей крышей и pontonом; применение

высокостойких пен и эмульсий; хранение ЛВЖ и ГЖ под слоем или над слоем воды;

- устройство газоуравнительной системы – трубопроводной обвязки, соединяющей между собой паровоздушные пространства резервуаров с однородными продуктами;
- хранение жидкостей (например, сжиженных газов) в аппаратах под избыточным давлением;
- улавливание вытесняемых через дыхательные устройства паров методами сорбции (адсорберами, абсорберами), охлаждения и т. п.;
- вывод дыхательных труб за пределы производственного помещения.

Пожарная опасность аппаратов периодического действия. Меры пожарной безопасности.

Аппараты периодического действия.

Для проведения химико-технологического процесса в некоторых случаях возникает необходимость периодически производить выгрузку или загрузку веществ и материалов: перед началом рабочего цикла загружаются веществами, а по окончании процесса разгружаются и готовятся для последующего цикла работы. Эксплуатация таких аппаратов, сопряженная с необходимостью открывания люков, крышек, загрузочных и разгрузочных приспособлений и выходом при этом наружу определенного количества паров горючих веществ, представляет повышенную пожарную опасность по сравнению с аппаратами непрерывного действия. Типичными аппаратами периодического действия являются разного рода смесители.

Для снижения пожаровзрывоопасности аппаратов периодического действия целесообразно использовать следующие технические решения:

- заменять периодически действующие аппараты герметичными аппаратами непрерывного действия;
- герметизировать загрузочные и разгрузочные устройства;
- аппарат с открытой разгрузкой оборудовать системой отсоса паров и газов из его внутреннего объема;

- места выхода паров и газов (открываемые крышки, люки для взятия проб и т. п.) оборудовать местными отсосами;
- при остановке аппаратов на длительный период защищать их от остатков продукта, продувать инертным газом или заполнять водой.

4.2. Пожарная опасность выхода горючих веществ наружу из поврежденного технологического оборудования

Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ. Такая классификация дана в ГОСТ 12.3.047–98. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» [18]. В большинстве случаев аварии, независимо от их характера, являются следствием ошибок, допущенных на стадиях разработки, проектирования, изготовления, монтажа, эксплуатации, обслуживания и ремонта производственного оборудования.

Наибольшую пожарную опасность для производства представляют собой нарушения режима работы технологического оборудования, повреждения и аварии, при которых за короткий промежуток времени может образоваться горючая концентрация не только внутри аппаратов, но и снаружи вследствие выхода значительного количества горючих веществ.

Самой характерной причиной аварийной ситуации в результате нарушения технологического процесса является перелив жидкости из аппарата вследствие его переполнения. К такому типу аварийной ситуации относится интенсивный (в том числе и аварийный) сброс веществ (газов, паров, жидкостей) через предохранительные клапаны (вследствие повышения давления в аппарате) и дренажные устройства.

Повреждения и аварии аппаратов сопровождаются:

- большим количеством выходящих наружу горючих веществ;

- быстрым нарастанием горючих концентраций в помещениях и даже на открытых территориях;
- возникновением возможности воспламенения паров или газов, выходящих наружу веществ.

Виды повреждений технологического оборудования: локальные и полные.

Локальные повреждения аппаратов и трубопроводов. Если повреждение имеет местный характер, то в зависимости от рабочего давления в аппарате или трубопроводе возможен выход горючих веществ наружу или подсос воздуха. Такого рода повреждения считают локальными.

Полное разрушение аппаратов и трубопроводов. При таком повреждении давление в аппарате изменяется резко, с большой скоростью. Оно успевает выравниваться с атмосферным давлением за небольшой промежуток времени. Повреждение технологического оборудования не всегда сопровождается образованием горючей среды.

Подробные расчеты приведены в приложениях ГОСТ 12.1.004–91, ГОСТ 12.3.047–98, ГОСТ 12.1.044–89, ПБ 09-540–03. «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

Закономерность возрастания концентрации паров и газов в производственном помещении при поврежденном оборудовании (при отсутствии и наличии аварийной вентиляции).

Одним из распространенных способов снижения взрывопожароопасности производственных помещений является наличие аварийной вентиляции. Основные требования к аварийной вентиляции изложены в нормативном документе СНиП 41–01–2003. «Отопление, вентиляция и кондиционирование». В 7 разделе данного СНиПа содержатся полные требования к вентиляции [35].

Систему аварийной вентиляции следует предусматривать в производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух больших количеств вредных или взрывоопасных газов или паров, в соответствии с требованиями технологической части проекта.

Аварийная вентиляция, совместно с основной, должна обеспечивать не менее восьми воздухообменов в час по полному внутреннему объему помещения. Она должна включаться автоматически при остановке любой из основных систем.

Для уменьшения опасных последствий повреждения технологического оборудования на практике используются следующие профилактические решения:

1) на трубопроводах устанавливают быстродействующие задвижки с автоматическим приводом от газоанализаторов;

2) устанавливают скоростные прерыватели потока, которые срабатывают автоматически при аварийном истечении от резкого перепада давления в трубопроводе;

3) работу стационарных газоанализаторов блокируют с автоматическими пусковыми устройствами аварийной вентиляции, открывания оконных фрамуг, световых фонарей и т. п.

4.3. Классификация причин повреждения технологического оборудования

Повреждения технологического оборудования происходят в результате:

- недостатков конструктивного характера (неправильный расчет, неудачный выбор материала);
- дефектов изготовления (скрытые внутренние дефекты материала, некачественная подгонка и сварка);
- нарушения принятых режимов работы;
- отсутствия или неправильности средств защиты от перегрузок;

– некачественного технического обслуживания и ремонта.

В связи со сложным воздействием различных факторов на материал стенок аппарата причины повреждения технологического оборудования делят на три группы:

- повреждения, вызванные механическими воздействиями;
- повреждения, вызванные температурными воздействиями;
- повреждения, вызванные химическими воздействиями.

Изменение давления может быть вызвано нарушением материального и теплового балансов, процессов конденсации, попаданием легкокипящих жидкостей в объем высоконагретых аппаратов, а также нарушением протекания экзотермических химических процессов.

Образование повышенного или пониженного давления в результате нарушения материального баланса.

1. Несоответствие между подачей веществ в аппарат и их расходом.
2. Соединение аппаратов с разным рабочим давлением.
3. Увеличение сопротивления в трубопроводных линиях.

Образование повышенного или пониженного давления в результате нарушения теплового баланса.

Нарушение теплового баланса происходит в результате изменения соотношения между суммой теплоты прихода ($\sum Q_i^{np}$) и ухода ($\sum Q_i^{yx}$), что отражено в уравнении

$$\sum Q_i^{np} = \sum Q_i^{yx}.$$

При этом в аппаратах и трубопроводах изменяется рабочая температура и, как следствие, повышается или понижается давление в результате упругости насыщенных паров и увеличения объема веществ при их тепловом нагреве или охлаждении.

Образование повышенного или пониженного давления в результате нарушения процесса конденсации паров.

Нарушение процесса конденсации паров может быть вызвано изменением материального и теплового балансов, так как в его основе лежат процессы тепломассообмена. Причиной нарушения процесса конденсации паров является снижение расчетного теплового потока через стенку теплообменной поверхности конденсатора от пара к хладоагенту.

Образование повышенного или пониженного давления в результате нарушения экзотермических химических процессов.

Нарушение экзотермических химических процессов также связано с возможностью образования повышенного давления в результате более интенсивного выделения тепла и образования побочных парогазообразных продуктов в зоне реакции. Увеличение тепловыделения за счет ускорения химической реакции может происходить при нормальном отводе тепла из зоны реакции или при его нарушении. Уменьшение количества тепла, отводимого из зоны реакции, может происходить из-за снижения интенсивности или полного прекращения перемешивания реакционной массы, уменьшения или прекращения подачи в аппарат хладоагента, загрязнения теплообменной поверхности отложениями. Рост давления может происходить также в результате несвоевременного отвода из зоны реакции побочных парогазообразных продуктов. Это случается чаще всего при неисправности отводящих и стравливающих линий, при образовании в них пробок.

Образование повышенного или пониженного давления в результате попадания в объем аппаратов легкокипящих жидкостей.

Попадание в объем высоконагретых аппаратов легкокипящих жидкостей связано с их быстрым испарением. За счет этого происходит резкое увеличение давления в аппарате. При значительной разности температур испарение может протекать настолько быстро, что образующиеся пары легкокипящей жидкости успевают за время контакта с высоконагретой поверхностью аппарата или высококипящей жидкостью сильно перегреться. При этом формируется ударная волна, разрушающее действие которой в несколько раз больше статического давления.

Причины повреждения технологического оборудования от воздействия динамических нагрузок, температурного фактора, коррозии, эрозии.

Различают три вида механических воздействий на материал стенок аппаратов и трубопроводов: образование повышенного или пониженного давления, воздействие динамических нагрузок и эрозийный износ.

Динамические нагрузки проявляют себя:

- при резких (импульсных) изменениях величины давления в аппаратах;
- при гидравлических ударах, связанных с резким торможением движущего потока жидкости или газа;
- в результате вибраций, возникающих от действия внутренних и внешних возмущающих сил;
- при внешних механических ударах (случайных ударах движущимся транспортом, при падении грузов и т. п.).

Резкое изменение давления.

Резкое изменение давления чаще всего наблюдается в периоды неустановившегося режима работы технологического оборудования: при пуске, остановке, при значительном нарушении температурного режима и давления.

Гидравлические удары.

Гидравлические удары возникают:

- в результате резкого торможения движущегося потока жидкости или газа в трубопроводных линиях чаще всего при быстром закрывании или открывании вентилей, кранов и другой запорной аппаратуры;
- при больших пульсациях подаваемой насосами жидкости;
- при резком изменении давления на каком-либо участке трубопровода;
- при внезапном изменении направления движения потока.

Вибрация технологического оборудования.

Вибрация технологического оборудования возникает в результате повторяющихся с определенной частотой изменений внутреннего давления

или при воздействии внешних возмущающих сил и представляет собой определенной частоты и амплитуды механические колебания технологического оборудования или отдельных его элементов. Она чаще всего приводит к локальным повреждениям во фланцевых соединениях и сварных швах.

Механическое воздействие.

Основой для предупреждения повреждения технологического оборудования является его механическая прочность. Вид и толщина материала аппаратов должны противостоять воздействию внутренней и внешней среды.

Внешние механические удары могут быть вызваны технической неисправностью и нарушением работы внутрицехового транспорта (мостовых кранов, талей, подъемников, колесного транспорта, транспортерных устройств), применением в периоды ремонта инструментов ударного действия.

Эрозийный износ.

Механический износ материала стенок аппарата или трубопровода под действием движущейся среды называется ***эрозией***. Она происходит при обтекании стенок потоком твердых, жидких или газообразных веществ, а также при действии электрических разрядов. Частицы вещества, ударяясь о материал стенки, разрушают ее поверхностный слой, толщина стенки постоянно уменьшается равномерно или в виде локальных мест разрушения (кратеров, каверн). В результате такого износа могут возникнуть опасные внутренние напряжения в стенках аппаратов и трубопроводов даже при нормальных рабочих нагрузках, т.е. без отклонения от нормального режима технологии. Исходя из главного разрушающего фактора, различают следующие виды эрозии.

– ***Газовая.*** При газовой эрозии металл разрушается под действием струи газов.

– ***Абразивная.*** При абразивной эрозии металл разрушается под действием находящихся в потоке жидкости или газа взвешенных твердых частиц.

– **Кавитационная.** При кавитационной эрозии металл разрушается под действием парогазовых пузырьков в струе жидкости, попавших в область повышенного давления (например, в гидравлических машинах).

– **Электрическая.** При электрической эрозии металл разрушается под действием электрических искр.

– **Ультразвуковая.** При ультразвуковой эрозии металл разрушается под действием звуковых колебаний, вызванных взвешенными в жидкости твердыми частицами.

Температурные воздействия. Температурные напряжения в металле. Действия высоких и низких температур на материал стенок аппаратов.

Под действием температуры на материал стенок аппаратов и трубопроводов возникает опасность их повреждения в результате появления температурных напряжений и изменения механических свойств металлов, которые изменяются под воздействием высоких и низких температур.

Температурные напряжения в металле возникают:

- при жестком креплении трубопроводов;
- при неодинаковой температуре отдельных элементов аппарата сложной конструкции (например, в кожухотрубчатых теплообменниках);
- в толстостенных аппаратах и в аппаратах, изготовленных из разнородных металлов;
- при резком изменении температуры (например, при пуске и остановке аппаратов, при попадании на нагретую поверхность компактной водной струи во время тушения пожара).

Химические воздействия. Виды коррозии.

Разрушение металла под действием соприкасающейся с ним среды называется **коррозией**. Различают три вида коррозии:

- **химическая коррозия** – прямое химическое воздействие;
- **электрохимическая коррозия** – воздействие в результате электрохимических реакций;
- **биохимическая коррозия** – воздействие на металл микроорганизмов.

5. МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ ОПАСНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕМПЕРАТУРНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

При механических воздействиях на материал стенок технологического оборудования может наблюдаться повышение или понижение давления. Одной из причин изменения давления внутри аппарата или трубопровода может стать нарушение материального баланса.

Мероприятия противопожарной защиты:

- автоматические системы контроля за давлением и блокировкой (прекращение подачи продуктов путем отключения насосов, компрессоров и т. п.);
- автоматические счетчики-дозаторы количества поступающих в аппараты веществ;
- автоматические регуляторы давления;
- сигнализаторы предельного уровня жидкости (для сжиженных газов);
- приборы контроля за давлением и уровнем;
- переливные трубы.

Обеспечение нормального функционирования при *соединении аппаратов с разным рабочим давлением*:

- соединения между аппаратами проводить через специальные устройства автоматического регулирования давления;
- аппарат, который работает под давлением, меньше давления питавшего его источника, на подводящем трубопроводе кроме запорного вентиля оборудовать автоматическим редуцирующим устройством с манометром и предохранительным клапаном.

Для группы аппаратов, работающих при одинаковом давлении, допускается устанавливать одно редуцирующее устройство с манометром и предохранительным клапаном, расположенным на магистральной линии до первого ответвления.

Во избежание ***нарушения теплового баланса*** предусматривают:

- системы автоматического контроля и регулирования температуры;
- защиту против тепла солнечной радиации (экранирование, системы орошения, теплоизоляция, окрашивание в светлые тона, размещение под землей и т. п.);
- защиту аппаратов и трубопроводов от повреждения при нарушении температурного режима;
- соблюдение допустимой (безопасной) степени заполнения, которая устанавливается для емкостей с сжиженными газами не более 0,85–0,9 и для емкостей с жидкостями – не более 0,9–0,95;
- для предупреждения нарушения безопасной степени заполнения обеспечение емкостных аппаратов с огнеопасными жидкостями устройствами, исключающими их переполнение, или автоматическими сигнализаторами предельного уровня.

Для предупреждения нарушения процесса конденсации применяют:

- контролирование температуры и давления в ректификационных, выпарных и других колоннах, а также контролирование температуры хладоагента на входе в конденсатор и на выходе из него;
- системы автоматического контроля и регулирования температурного режима работы конденсаторов, которые предусматривают изменение расхода хладоагента в зависимости от количества и температуры подаваемых на конденсацию паров;
- системы автоматического регулирования количества хладоагента в зависимости от его температуры на выходе из конденсатора, которая снижает отрицательное влияние образующихся на теплообменной поверхности отложений;
- автоматический контроль за подачей вакуум-насосов (эжекторов) со звуковым или световым сигналом при нарушении режима работы;

- очистку теплообменной поверхности от отложений в установленные технологическим регламентом сроки;
- устройство систем автоматического и ручного стравливания паров и газов при образовании избыточного давления.

Для предупреждения вскипания легкокипящей жидкости стремится исключать попадание легкокипящей жидкости в объем высоконагретых аппаратов. Для этого на паровых линиях устанавливают конденсатоотводчики, исключают ручное переключение материальных потоков, широко применяют технологические процессы с автоматическим программным управлением, обеспечивают полный слив легкокипящей жидкости или ее испарение из аппаратов перед подачей в них высоконагретых жидкостей с высокой температурой кипения.

Для предупреждения образования повышенного давления при нарушении экзотермических химических реакций предусматривают:

- автоматическое регулирование расхода или соотношения подаваемых в зону реакции компонентов, в том числе катализаторов;
- автоматический контроль и регулирование расхода хладоагента, подаваемого для отвода избыточного тепла реакции;
- удаление из зоны реакции побочных парогазообразных продуктов реакции путем их постоянного отвода или периодического стравливания избыточного давления;
- очистку теплообменной поверхности и стравливающих линий в установленные сроки, предусмотренные технологическим регламентом.

Для предупреждения гидравлических ударов предусматривают следующие мероприятия:

- медленное (плавное) изменение давления в аппаратах и трубопроводах в периоды пуска и остановки;
- применение в качестве запорной арматуры задвижек вентильного типа вместо шиберных заслонок и пробковых кранов;
- сглаживание пульсации давления путем установки на линиях газовых колпаков (ресиверов);

- использование насосов центробежного действия (если это допускает технология) вместо поршневых (плунжерных) компрессоров;
- обеспечение установки обратных клапанов на трубопроводной линии непосредственно за аппаратом, из которого при нарушении технологического режима может возникнуть обратный поток жидкости или газа;
- устранение опасности попадания в цилиндры компрессоров жидкостей путем установки сепараторов-масловлагоотделителей, специальных клапанов, пропускающих только газовую фазу без жидкости, устройств, предупреждающих конденсацию и т. п.

Для предупреждения вибрации аппаратов и трубопроводов предусматривают следующие мероприятия:

- производят замену, если это возможно по условиям технологии, поршневых насосов и компрессоров на центробежные насосы и газодувки;
- используют применение устройств для сглаживания пульсации давления (газовых колпаков или ресиверов) в системах, где замена поршневых насосов и компрессоров невозможна;
- производят замену двигателей внутреннего сгорания, используемых в качестве привода машин и агрегатов, на электродвигатели;
- обеспечивают устройство под источником вибрации массивных фундаментов, поглощающих механические колебания, изолированно от фундаментов несущих строительных конструкций зданий и сооружений;
- обеспечивают установку источника вибрации на различного рода эластичных прокладках, пружинах и т.п., которые способствуют гашению механических колебаний;
- обеспечивают систематический контроль за вибрацией и при необходимости устранение ее причин (центровка и балансировка валов вращающихся элементов машин и агрегатов, обеспечение надежного крепления источников вибрации и трубопроводов).

Предупреждение внешних механических ударов в условиях производства обеспечивается:

- размещением технологических аппаратов в безопасном месте, в стороне от цеховых транспортных путей;

- прокладкой трубопроводов с горючими жидкостями и газами выше мостовых и других кранов или ниже их – в закрытых каналах;
- соблюдением режима работы транспортных систем и сроков их планово-предупредительных ремонтов.

Для снижения интенсивности эрозионного износа на практике применяют следующие мероприятия:

- выбирают материал для аппаратов и трубопроводов, устойчивый к данному виду эрозии;
- увеличивают поверхностную износостойчивость стенки путем снижения шероховатости ее поверхности, повышения поверхностной твердости материала, создания прочного защитного слоя футеровки и т. п.;
- уменьшают турбулентность потока и механическое воздействие струи путем выполнения плавных поворотов и переходов трубопроводов и снижения их количества, применения успокоителей, отражателей и рассекателей потоков и струй;
- обеспечивают очистку газов и жидкостей от твердых примесей (частиц);
- осуществляют систематический контроль за толщиной стенки, не допуская ее уменьшения ниже нормы.

Снижение опасности повреждения и разрушения оборудования при температурных воздействиях на материал аппаратов и трубопроводов достигается следующими мероприятиями:

- применением температурных компенсаторов на трубопроводах и кожухотрубчатых теплообменниках;
- устройством тепловой изоляции;
- подбором соответствующих материалов при изготовлении аппаратов и трубопроводов из разнородных металлов;
- устройством подвижных опор при закреплении линейных участков трубопроводов большой протяженности;
- плавностью изменения температуры стенок аппаратов и трубопроводов в периоды пуска и остановки, при переходе с одного режима на другой (особенно важно для толстостенных аппаратов);

- контролем и автоматическим регулированием температурного режима работы технологического оборудования.

Для снижения опасного действия высоких температур на материал стенок аппаратов и трубопроводов выполняют следующие мероприятия:

- уменьшают воздействие внешних источников тепла (солнечной радиации, температуры пожара) устройством теплоизоляции, систем орошения, паровых завес, экранов, противопожарных разрывов;
- создают условия для равномерного нагревания теплообменной поверхности у аппаратов огневого действия (автоматическое регулирование температурного режима);
- для нормальной скорости циркуляции нагреваемого продукта предусматривают очистку теплообменной поверхности от отложений.

Для предупреждения разрушающего действия низких температур на материал стенок аппаратов и трубопроводов выполняют следующие мероприятия:

- предъявляют повышенное требование к качеству сварных швов на технологическом оборудовании;
- предусматривают защиту аппаратов и трубопроводов, расположенных на открытых площадках, от переохлаждения теплоизоляцией, внутренним обогревом с помощью встроенных змеевиков – пароподогревателей;
- снижают рабочие нагрузки на стенки аппаратов;
- устраняют сопутствующие причины, усиливающие опасное действие низких температур (гидравлические удары, вибрации, резкое изменение рабочего давления в аппарате).

Снижение опасности повреждения и разрушения оборудования при химических воздействиях на материал аппаратов и трубопроводов обеспечивают:

- применением жаростойких сталей с легирующими добавками, которые способствуют образованию на поверхности металлов химически устойчивых защитных пленок;
- применением специальных жаростойких покрытий (сплавов железо–алюминий, железо–хром, смесь металла с окислами или керамикой и т. п.);

- созданием защитной газовой среды, которая в зависимости от природы металла не должна содержать окислителей (для стали) или восстановителей (для меди и ее сплавов). Часто для этих целей применяют инертные газы – азот и аргон;
- автоматическим контролем и регулированием температурного режима в аппаратах с поддержанием оптимальной рабочей температуры, снижающей интенсивность протекания химической коррозии.

Для снижения интенсивности электрохимической коррозии предусматривают:

- обезвоживание диэлектрических жидкостей (например, нефти и нефтепродуктов) перед их переработкой;
- затормаживание окислительно-восстановительных электрохимических процессов путем специальной обработки коррозионной среды (удаление кислорода воздуха деаэрацией, введение ингибиторов, присадок);
- применение установок катодной защиты путем создания с помощью источников постоянного тока разности потенциалов между защищаемым сооружением и грунтом, при котором все сооружение становится катодом, роль анода выполняет заземление из металломолома;
- применение установок протекторной защиты, в которой также обеспечивается катодная защита. Она выполняется с помощью гальванических анодов, т. е. протекторов с меньшим электрохимическим потенциалом, чем у защищаемого объекта;
- рациональный выбор коррозионностойких металлов (легированных сталей, цветных металлов), замену металлов на неметаллы (пластмассы и т. п.);
- применение защитных, в том числе электроизоляционных покрытий (лакокрасочных, металлизированных, битумных и др.).

6. ПРИЧИНЫ И УСЛОВИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ПОЖАРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Причинами быстрого распространения пожара в условиях производства являются следующие.

1. Скопление и сосредоточение значительного количества горючих веществ и материалов на производственных и складских площадях.
2. Наличие технологических коммуникаций и путей, создающих возможность распространения пламени и продуктов горения на смежные установки, в соседние помещения.
3. Наличие технологических систем транспорта, связывающих в единое целое не только технологические установки, но и производственные помещения по горизонтали и вертикали здания или сооружения.
4. Внезапное появление в процессе пожара факторов, ускоряющих его развитие (аварийный разлив легковоспламеняющейся или горючей жидкости, выброс газов, взрыв технологического оборудования и его разрушение).

Наиболее характерными причинами несвоевременных действий по тушению возникшего пожара являются:

- позднее обнаружение пожара и задержка сообщения о нем в пожарную охрану;
- отсутствие или неисправность первичных и стационарных средств пожаротушения;
- неквалифицированные действия людей при обнаружении сбоя в работе технологического процесса производства;
- неквалифицированные действия людей при возникшей аварийной ситуации и при тушении пожара.

Мероприятия противопожарной защиты:

- обеспечить снижение количества горючих веществ, обращающихся в технологическом процессе, без ущерба для данного производства. Все

это необходимо проводить еще на стадии проектирования, а в период эксплуатации производства вводить соответствующие корректизы;

- создать условия для эвакуации людей при возникновении пожара;
- создать условия для эвакуации материалов и оборудования при возникновении пожара;
- уничтажам, создать препятствия на путях распространения огня;
- обеспечить защиту аппаратов от разрушения при взрыве;
- обеспечить возможность своевременного обнаружения пожара и его тушения.

Существуют три основных направления разработки решений по снижению количества горючих веществ в технологии производства на стадии проектирования:

- выбор метода производства;
- разработка технологической схемы;
- выбор варианта размещения технологического оборудования.

В период нормальной эксплуатации производства для работы отдельного аппарата (станка) или установки необходимо иметь определенное количество исходного сырья в виде твердых горючих материалов, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей и горючих газов, которые могут размещаться непосредственно в производственном цехе или на сырьевых складах предприятия.

Уменьшение количества горючих отходов в производственных условиях достигается выбором метода переработки (обработки) веществ. Важным для сокращения количества горючих веществ и материалов в производственных помещениях является своевременное удаление горючих отходов от мест их образования в технологических процессах. Замена горючих веществ на негорючие или менее горючие имеет большие возможности в обеспечении пожарной безопасности не только при проектировании, но и в период эксплуатации производства.

При промывке и обезжикивании деталей, если позволяют технические условия, вместо ЛВЖ и ГЖ в качестве растворителей используют не-

горючие технические моющие средства. Успешно осуществляется также внедрение трудновоспламеняющихся и трудногорючих полимерных материалов. Уменьшить количество горючих веществ и материалов в производственных помещениях и складских зданиях возможно, используя различные пути:

1) ограничением площади производственных и складских помещений:

- разделение здания противопожарными стенами, перекрытиями на отсеки; разделение противопожарными перегородками на секции;
- устройство противопожарных преград для ограничения распространения огня по конструкциям, по горючим материалам;
- устройство противопожарных дверей, ворот;
- устройство противопожарных разрывов между зданиями;

2) уменьшением количества сгораемых материалов в строительных конструкциях: строительство зданий I, II степени огнестойкости и защита конструкций облицовкой, штукатуркой, пропиткой, обмазкой, окраской;

3) ограничением количества обрабатываемых горючих веществ:

- разработка технологического процесса по непрерывнодействующей схеме;
- ограничение количества изделий, сырья, полуфабрикатов;
- ограничение количества одновременно находящихся в помещении твердых сгораемых материалов по площадям, отводимым для их хранения;
- ограничение по емкости или массе используемых огнеопасных жидкостей или твердых веществ;
- ограничение количества жидких и твердых огнеопасных веществ и материалов по производительности цеха;

4) заменой обращающихся в производстве горючих веществ негорючими веществами:

- замена горючего сырья менее горючим или негорючим;

- замена огнеопасных растворителей менее опасными растворителями или негорючими техническими моющими средствами;
- изменение технологии, в результате чего отпадает необходимость применения каких-либо огнеопасных веществ;

5) снижением количества сгораемых отходов:

- применение рациональных методов обработки твердых веществ;
- улавливание образующихся отходов непосредственно у мест их выделения;
- регулярная уборка рабочих мест и очистка всего помещения;

6) уменьшением количества горючих материалов в производственном оборудовании:

- замена древесины металлом, пластмассами, другими негорючими материалами;
- защита машин и оборудования от возгорания.

7. ЭВАКУАЦИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ В СЛУЧАЕ АВАРИИ И ПОЖАРА. ПРИЧИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ КОММУНИКАЦИЯМ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

7.1. Эвакуация горючих веществ и материалов

При аварии или пожаре на производстве для снижения опасности их распространения возникает необходимость в экстренной эвакуации горючих веществ из опасной зоны. Для этой цели на производстве создаются специальные системы, обеспечивающие аварийную эвакуацию огнеопасных веществ и материалов.

Аварийный слив жидкости.

Аварийный слив осуществляется в специальные аварийные емкости или в емкости промежуточных (товарных) складов, в технологические аппараты (смежных отделений, установок и цехов данного производства). Объем аварийной емкости в большинстве случаев принимается из расчета

полного слива жидкости из одного наибольшего по объёму аппарата цеха (установки). Аварийные емкости представляют собой закрытые аппараты, их обеспечивают дыхательными трубами, защищенными огнепреградителями.

Системы аварийного слива различают:

- по способу слива жидкостей (самотеком, под избыточным давлением, перекачкой с помощью насоса);
- по приводу в действие (с ручным и автоматическим пуском);
- по схеме слива (простая схема – слив из одного аппарата и сложная – слив из группы аппаратов).

Для предупреждения резкого повышения давления при поступлении в аварийную емкость высоконагретого продукта накапливающийся водяной конденсат систематически удаляют, для чего аварийную емкость устанавливают с небольшим уклоном в сторону сливного (дренажного) патрубка. Перед подачей высоконагретой жидкости аварийную емкость пропаривают инертной средой (водяным паром или инертным газом) для предупреждения возможного взрыва образующейся при сливе паровоздушной смеси. Аварийные задвижки при ручном пуске располагают вне здания или на первом этаже у выхода из здания. При дистанционном (полуавтоматическом) пуске аварийные задвижки устанавливают непосредственно у опорожняемых аппаратов, а пусковые кнопки – у выхода из здания или вне здания.

Аварийный выпуск горючих паров и газов.

Необходимость в экстренной эвакуации из опасной зоны при аварии или пожаре возникает и при эксплуатации аппаратов с горючими газами и перегретымиарами ЛВЖ и ГЖ. Процесс эвакуации на практике обеспечивается с помощью систем аварийного выпуска или стравливания паров и газов, которые по аналогии с системами аварийного слива огнеопасных жидкостей также должны удовлетворять по своему быстродействию допустимой продолжительности аварийного стравливания.

Аварийный сброс паров и газов осуществляется путем их выпуска под действием избыточного давления, которое образовалось к моменту открытия аварийной задвижки. Привод задвижки может быть ручным или автоматическим. Чтобы предупредить опасность образования горючей концентрации, системы стравливания устраивают, как правило, самостоятельно для каждого аппарата. При необходимости аварийного выпуска горючих паров и газов одновременно из нескольких аппаратов большого объема сброс осуществляют в цеховые или общезаводские факельные системы для их сжигания.

Эвакуация твердых горючих веществ и материалов в переносной таре.

Для предупреждения распространения пожара в производственных условиях (особенно на складах и базах) возникает необходимость быстрой эвакуации твердых веществ и материалов в компактном или измельченном виде, а также огнеопасных веществ в переносной таре. Эвакуацию сыпучих горючих материалов осуществляют по самотечным линиям, ленточным транспортерам, нориям, пневмотранспорту в специальные аварийные бункера или в другие аппараты, расположенные за пределами опасной зоны.

7.2. Причины распространения пожара по производственным коммуникациям. Противопожарные мероприятия

К производственным коммуникациям относятся системы для прокладки технологических трубопроводов: канализация, отдельные трубопроводы, воздуховоды, лотки, каналы, а также наземные трубопроводные эстакады, подземные тоннели, подземные траншеи.

Опасность распространения пламени по этим коммуникациям появляется тогда, когда в них создаются условия для образования горючей газо-, паро-, пылевоздушной концентрации внутри трубопроводов, воздуховодов, траншей, тоннелей или лотков.

Для предупреждения распространения пожара по производственным коммуникациям в технологических процессах применяют различные устройства:

- огнепреградители (сухие и жидкостные);
- затворы из твердых сыпучих материалов;
- огнепреграждающие задвижки (заслонки, шиберы).

Сухие огнепреградители применяют для защиты трубопроводов без жидкой фазы, в которых в определенные периоды работы может образоваться горючая концентрация паров или газов с воздухом, а также для защиты линий с веществами, способными разлагаться под действием давления, температуры и других факторов.

Жидкостные огнепреградители (гидравлические затворы). Гашение пламени в гидрозатворах происходит в момент прохождения (барботажа) горящей газопаровоздушной смеси через запирающий слой жидкости в результате дробления ее на тонкие струйки и отдельные пузырьки, в которых оказывается в расщлененном виде фронт пламени.

Затворы из твердых сыпучих материалов. Для предупреждения распространения огня по трубопроводам, по которым транспортируются твердые измельченные материалы или сгораемые отходы, на них монтируют устройства, создающие плотные пробки из транспортируемого материала (сухие затворы) с помощью которых исключается возможность образования в трубопроводе воздушного пространства. Затворы из измельченных материалов применяются для защиты коммуникаций, в которых возможно распространение горения по поверхности сыпучего материала. К таким коммуникациям относятся системы транспорта измельченных материалов (самотечные трубы, шнеки и т. п.).

Огнепреграждающие задвижки (заслонки, шиберы). Огнезадерживающие заслонки или пламеотсекатели применяются для защиты трубопроводов от распространения горения по отложениям различных горючих веществ. К таким веществам относятся лакокрасочные материалы, пыли,

волокна, жидкие конденсатные пленки, твердые пористые продукты термического распада и т. п. При срабатывании заслонки одновременно происходит остановка движения транспортного потока. Поэтому огнезадерживающие заслонки должны обладать достаточным пределом огнестойкости, для чего их делают многослойными из различных материалов.

Особенности огнезащиты производственных коммуникаций при скоплении в них горючих отложений.

При длительной эксплуатации внутренняя поверхность трубопроводов загрязняется твердыми или жидкими горючими отложениями. Так, например, в воздуховодах окрасочных камер и малярных цехов такими отложениями могут быть частицы оседающей краски, в воздуховодах термических цехов – масляные конденсаты. При наличии источника зажигания пламя попадает в воздуховод и распространяется по горючим отложениям в направлении потока воздуха. Чтобы исключить возможность возникновения пожаров и распространение пламени по воздуховодам, проводят прежде всего режимные профилактические мероприятия: осуществляют периодическую очистку воздуховодов от загрязнения горючими отложениями, используют различные способы улавливания увлекаемых воздухом твердых и жидкых частиц, предупреждают возможность конденсации и кристаллизации транспортируемых паров на поверхности труб.

Изоляция производственных помещений от траншей и лотков с трубопроводами.

Трубопроводы с ЛВЖ и ГЖ, а также с горючими газами нередко проходят из одного помещения в другое. Наличие траншей и лотков создает предпосылки для скопления в них излившимся жидкостей, паров и газов. Из траншей и лотков горючие вещества попадают в помещение, создавая условия для возникновения и развития пожара. Чтобы не возникло распространение пожара по траншеям и лоткам, целесообразно вместо подземной прокладки трубопровода осуществлять прокладку его по эстакадам. Если же подземная прокладка трубопроводов и электрокабелей явля-

ется наиболее приемлемой, то лучше осуществлять ее не в каналах или траншеях, а закладывать трубы и кабели в грунт и плотно засыпать землей. Наличие приямков, незасыпанных траншей и каналов внутри производственных помещений с взрывоопасной технологией допускается только в виде исключения, когда это необходимо по условиям технологического процесса. Лотки и траншеи в помещениях и на территории промышленного объекта (при возможности скопления в них взрывоопасных паров и газов) целесообразно оборудовать системами автоматического контроля по состоянию воздушной среды, а также системами подачи водяного пара, негорючего газа или воздушно-механической пены для целей пожаротушения.

Аварийное отключение аппаратов и трубопроводов.

При авариях и повреждениях аппаратов и трубопроводов с горючими жидкостями они растекаются по территории объекта, по полу производственных помещений, стекают из верхних этажей в нижележащие, с площадки на площадку этажерок, затекают в приямки, траншеи, каналы и т. д. Выявленные места повреждений быстро отключают с помощью задвижек ручного и дистанционного действия, а также задвижками автоматического действия, отсекателями потока, обратными клапанами и т. п. Большое значение имеет хорошо продуманное расположение отключающих устройств и выбор способа приведения их в действие. Этому вопросу уделяют серьезное внимание при разработке планов ликвидации аварий на технологической установке и на предприятии в целом. [20, раздел II, п. 2.8.; раздел VI, пп. 6.1.6–6.1.8].

Для каждой установки составляется подробная схема основных коммуникаций. На ней указываются (отмечаются) все места, где расположены задвижки, рубильники и другие отключающие устройства, предназначенные для ликвидации аварии. Отключающие устройства пронумеровываются, чтобы знать очередность их использования. [20, раздел III. Требования к обеспечению взрывобезопасности объекта; раздел VI. Системы кон-

троля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты технологических процессов].

При отсутствии автоматических устройств, ограничивающих выход жидкости наружу из поврежденного трубопровода или аппарата, и при невозможности использования задвижек ручного действия прибегают к созданию противодавления путем подачи к месту повреждения какого-либо негорючего вещества (воды, негорючего газа и т. п.). При повреждении нижней части корпуса емкостей, резервуаров или аппаратов с горючими жидкостями, которые легче воды или не растворимы в ней, в аппараты интенсивно закачивают воду, повышая уровень продукта выше места повреждения.

Защитные устройства, ограничивающие растекание горючих жидкостей при аварии.

Защита аппаратов от распространения пожара осуществляется по двум основным направлениям: от растекания при аварийном истечении огнеопасных жидкостей и от разрушения при взрыве.

Защита от растекания. Предупреждение или уменьшение аварийного истечения жидкостей из поврежденных аппаратов и трубопроводов обеспечивается установкой в определенных точках технологической схемы необходимого количества устройств, с помощью которых можно оперативно прекратить или уменьшить выход горючих веществ наружу. Предупреждение растекания излившейся жидкости обеспечивают устройством на пути ее движения различных преград: обвалований, стенок, бортиков, порогов, лотков и т. п.

Защита аппаратов от разрушения при взрыве. Комплекс методов и средств защиты технологического оборудования должен включать (в последовательности от стадии возникновения горения):

- 1) предотвращение образования и воспламенения горючей смеси внутри технологического оборудования;

- 2) подавление возникшего внутри оборудования загорания в начальной стадии;
- 3) применение прочного оборудования, способного выдержать полное давление взрыва;
- 4) применение устройств для безопасного сброса взрыва (взрывные клапаны и предохранительные мембранны);
- 5) применение внешних ограждений для защиты окружающего пространства от поражающего воздействия взрывной волны и разлетающихся осколков.

8. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ.

МЕРЫ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ

8.1. Пожарная опасность механической обработки металлов

В цехах холодной обработки металлов проводятся токарные, строгальные, фрезерные, шлифовальные, зуборезные, долбежные, сверлильные, сварочные и другие работы с применением соответствующего оборудования (станков и механизмов). Механическая обработка металлов связана с преодолением значительных сил трения, в результате чего происходит нагревание обрабатываемого материала, режущего инструмента и отходов (стружки).

Основными факторами, влияющими на степень разогрева материала при механической обработке, являются:

- скорость резания;
- величина подачи режущего инструмента, от чего зависит толщина стружки;
- качество заточки инструмента;
- механические и технологические свойства материалов.

Главные требования пожарной безопасности при процессах механической обработки металлов должны сводиться к следующему.

1. Строгое соблюдение установленного режима обработки деталей на станках (скорость резания, величина подачи и т. п.).
2. Недопущение использования в работе тупого инструмента, а также станков, не приспособленных для обработки данного материала.
3. Соблюдение исправности и эффективности работы систем охлаждения станков.
4. Соблюдение исправности масляной системы. Выход масла наружу должен быть исключен.
5. Регулярная очистка транспортеров от масляных загрязнений (с применением технических моющих средств).

Особую пожарную опасность представляет обработка магния, титана, циркония и их сплавов.

Магний. Пыль магниевых сплавов загорается даже от искры и горение носит характер взрыва. Пыль и стружка магния и его сплавов при наличии остатков смазочных масел могут самовозгораться. Еще более опасна влажная магниевая пыль, горение которой протекает чрезвычайно интенсивно и также носит характер взрыва. Не исключена возможность воспламенения наэлектризованной магниевой пыли, скапливающейся на стенках отсасывающих трубопроводов. Электризация пыли может произойти и вследствие трения при работе шлифовальных станков. При работе с магнием опасность представляют и пылеулавливающие установки с водяным орошением (водяными фильтрами). Магниевая пыль скапливается на поверхности воды и из-за плохой вентиляции фильтров, в них возможно образование взрывоопасных концентраций водорода, образующегося вследствие взаимодействия магния с водой.

Титан в обычных условиях не опасен, но при повышенных температурах и особенно в виде тонкой стружки и в порошкообразном состоянии легко соединяется с кислородом, галогенами, серой и другими элементами. В присутствии масла титан может самовозгораться. Взвешенная в воздухе пыль титана взрывоопасна.

Цирконий при обычной температуре не подвергается действию воды, разбавленных кислот и щелочей, но при горении энергично разлагает воду. На воздухе цирконий устойчив вследствие образования защитной окисной пленки. Взвешенная в воздухе пыль циркония взрывоопасна, а осевшая пыль – пожароопасна. Поэтому пожарная профилактика процесса механической обработки титана, циркония и их сплавов должна быть направлена главным образом на предотвращение образования взрывоопасной пыли, ее удаление и поглощение.

8.2. Пожарная опасность процессов измельчения твердых веществ

Твердые горючие вещества (зерно, уголь, серу, краску и др.) подвергают дроблению, измельчению или размолу. В процессе измельчения горючих веществ постоянно создаются две горючие системы: твердое вещество – воздух и аэрозоль. Из них наибольшую пожарную опасность представляют горючая аэровзвесь. Именно поэтому пожарная опасность технологических процессов измельчения определяется пожароопасными свойствами образующейся в процессе измельчения пыли.

При остановке дробилок пыль оседает, концентрация ее снижается, входит в область воспламенения, а затем становится ниже нижнего предела воспламенения, т. е. среда внутри машины становится безопасной. При пуске машин в работу концентрация пыли быстро растет. Концентрация пыли в барабане может быть взрывоопасной и при нормальном режиме работы машины, если она недогружена сырьем. Опасность представляет и пыль, выделяющаяся из мельниц в производственные помещения. Пыль оседает на оборудовании, элементах здания и образует легкогорючую среду (аэрогель), способную воспламениться от незначительного источника тепла. При этом пламя распространяется с большой скоростью. Опасность аэрогеля состоит в том, что он способен легко переходить в аэрозоль, которая очень взрывоопасна.

Меры пожарной безопасности процессов измельчения твердых веществ следующие.

1. Использовать «мокрые» методы измельчения.
2. Предотвращать выход пыли из машин в производственное помещение путем полного или частичного укрытия агрегатов, устройства местных отсосов, а также снижением давления внутри машины.
3. Использовать магнитные улавливатели и сепараторы для исключения попадания в барабаны металлических предметов и камней.
4. Производить заземление машин для исключения образования искр от зарядов статического электричества; увлажнять материал.
5. Исключать возможность самовозгорания пыли; в дробилках и мельницах не допускать залеживания пыли.
6. Контролировать температуру подшипников.
7. Устанавливать предохранительные взрывные мембранные клапаны (назначение клапана: в случае взрыва пыли в барабане – отвести газы и предотвратить разрушение машины).
8. Широко использовать флегматизаторы, т. е. заполнять размольные установки азотом, углекислым газом на весь период работы или на время проведения отдельных операций; производить измельчение особо опасных материалов совместно с негорючими веществами (мелом, известью и т. п.).

8.3. Пожарная опасность процессов механической обработки древесины

К процессам механической обработки древесины относятся такие процессы, как пиление, строгание, фрезерование, точение, долбление, шлифовка, высечка и др. Во время работы при механической обработке древесины выделяется значительное количество пыли и мелкой стружки, которые более пожароопасны, чем компактная древесина.

Для отсоса опилок и стружки от станков используют местные отсосы и пневмотранспорт, который может способствовать быстрому распространению пожара, т. к. связывает отдельные станки (при помощи трубопроводов) в единую транспортную систему.

Источниками зажигания в деревообрабатывающих цехах могут быть:

- электрические искры (при неисправностях электрооборудования, электросетей, изоляции);
- открытый огонь (при нарушении противопожарного режима);
- теплота трения (при плохой смазке быстровращающихся частей машин и станков, перегрузке и перекосах пил, распиловке твердых пород древесины);
- фрикционные искры (при попадании в машины гвоздей, кусков металла);
- самовозгорание древесных опилок в смеси с маслом, применяемым для смазки лесопильных рам.

Меры пожарной безопасности процессов механической обработки древесины и удаления отходов древесины после ее обработки следующие.

1. Непрерывно удалять от станков опилки, стружку, пыль и прочие отходы (с применением местных отсосов и пневмотранспорта).
2. Регулярно очищать помещения и оборудование от пыли, убирать стружку, опилки и промасленные обтирочные материалы.
3. Соблюдать строго противопожарный режим в цехах деревообрабатывающих предприятий (запрещение курения, использования открытого огня, проведения сварочных работ).
4. Контролировать исправность электрооборудования и электропроводки. Не допускается перегрузка станков и двигателей.
5. Контролировать температуру подшипников. Во избежание их перегрева предусматривается бесперебойная смазка.
6. Пользоваться острыми пилами, не допускать попадание в машины металлических предметов, не обрабатывать древесину, в которой есть гвозди и другие металлические включения.

7. В системах пневмотранспорта следует применять вентиляторы из искробезопасных материалов.
8. Вентиляционные каналы оборудовать автоматически закрывающимися заслонками и задвижками.
9. Использовать циклоны для отделения опилок и пыли от воздуха. [26].

8.4. Пожарная опасность обработки пластмасс

Изделия из пластмасс обычно изготавливаются литьем под давлением или прессованием (формованием). Прессованные изделия по линиям разъема пресс-форм имеют грат, а в отверстиях – пленку. Механическая обработка изделий из пластмасс в основном и заключается в удалении грата и пленки. В тех случаях, когда получение отверстий на изделии в пресс-форме затруднено, отверстия высверливаются. Полиметилметакрилат и другие термопласти обрабатывают ленточными и дисковыми пилами, вырубают на штампах, а также фрезеруют и сверлят соответствующими инструментами.

Для механической обработки изделий из реактопластов применяют шлифовальные круги, фрезы, резцы, сверла из твердых сплавов или инструментальной и быстрорежущей стали.

Источниками зажигания в цехах механической обработки пластмасс могут быть электрические искры, теплота трения, самовозгорание отложений пыли, разряды статического электричества.

Меры пожарной безопасности процессов механической обработки пластмасс следующие.

1. Непрерывное удаление стружки и пыли от станков с применением местных отсосов.
2. Соблюдение режима резания, исправность систем охлаждения станков.
3. Контроль исправности электрооборудования (не допускается перегрузка станков и двигателей) и температуры подшипников.
4. Контроль эффективности работы вентиляционной системы.

9. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ И ГАЗОВ

Пожарная опасность магистральных и внутренних трубопроводов для транспортировки горючих жидкостей и газов.

Технологический трубопровод состоит из собственно трубы (обычно круглого сечения), запорной, регулирующей и специальной арматуры (вентилей, задвижек). Кроме того, на нем устанавливаются регуляторы, обратные клапаны, фитинги, соединения, компенсаторы, устройства для присоединения приборов контроля и автоматического управления, предохранительные клапаны и другие устройства. Движение рабочей среды по трубопроводу обеспечивается работой насосов, компрессоров, вентиляторов, вакуум-насосов.

Пожарная опасность трубопроводов обусловлена следующим.

1. Наличием ЛВЖ и горючих газов, нередко находящихся под высоким давлением.
2. Возможностью образования взрывоопасных зон при испарении ЛВЖ, ГЖ, а также при выходе горючих газов.

В зависимости от условного давления все технологические трубопроводы подразделяются на трубопроводы низкого (до 10 МПа) и высокого (более 10 МПа) давления. Различают также магистральные трубопроводы и технологические трубопроводы. Магистральные газопроводы в зависимости от рабочего давления в трубопроводе согласно СНиП 2.05.06–85* «Магистральные трубопроводы» подразделяются на два класса:

- I – при рабочем давлении свыше 2,5 до 10,0 МПа включительно;
- II – при рабочем давлении свыше 1,2 до 2,5 МПа включительно.

Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы в зависимости от диаметра трубопровода подразделяются на четыре класса:

- I – при условном диаметре свыше 1000 мм до 1200 мм включительно;
- II – то же свыше 500 мм до 1000 мм включительно;
- III – то же свыше 300 мм до 500 мм включительно;
- IV – 300 мм и менее [33].

Основные требования к магистральным трубопроводам.

1. Магистральные трубопроводы (газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы) следует прокладывать подземно (подземная прокладка). Прокладка трубопроводов по поверхности земли в насыпи (наземная прокладка) или на опорах (надземная прокладка) допускается только как исключение при соответствующем обосновании.

2. Прокладка трубопроводов может осуществляться одиночно или параллельно другим действующим или проектируемым магистральным трубопроводам – в техническом коридоре.

3. Не допускается прокладка магистральных трубопроводов по территориям населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, аэродромов, железнодорожных станций, морских и речных портов, пристаней и других аналогичных объектов.

4. Температура газа, нефти (нефтепродуктов), поступающих в трубопровод, должна устанавливаться исходя из возможности транспортирования продукта и требований, предъявляемых к сохранности изоляционных покрытий, прочности, устойчивости и надежности трубопровода.

5. Не допускается предусматривать прокладку магистральных трубопроводов в тоннелях железных и автомобильных дорог, а также в тоннелях совместно с электрическими кабелями, кабелями связи и трубопроводами иного назначения, принадлежащими другим министерствам и ведомствам.

6. При прокладке нефтепроводов и нефтепродуктопроводов вблизи населенных пунктов и промышленных предприятий, расположенных на отметках ниже этих трубопроводов на расстоянии от них менее 500 м при диаметре труб 700 мм и менее и 1000 м – при диаметре труб выше 700 мм, с низовой стороны от трубопровода должна предусматриваться канава, обеспечивающая отвод разлившегося продукта при аварии. Выпуск из низовой канавы должен быть предусмотрен в безопасные для населенных пунктов места.

Основные требования к технологическим трубопроводам.

1. Технологические трубопроводы с горючими и сжиженными горючими газами, ЛВЖ, ГЖ, прокладываемые на территории предприятия, должны быть наземными или надземными на несгораемых опорах и эстакадах. Предел огнестойкости колонн эстакад на высоту первого яруса должен быть не менее 1 часа.

2. Применение для транспортировки ГГ, СУГ, ЛВЖ, ГЖ труб из стекла и других хрупких материалов, а также из сгораемых и трудносгораемых материалов не допускается.

3. Технологические трубопроводы с ГГ, СУГ, ЛВЖ, ГЖ на входе и выходе с территории предприятия должны иметь отключающие устройства в пределах территории предприятия на случай аварии.

4. В качестве прокладочных материалов для фланцевых соединений следует применять материалы, устойчивые к перекачиваемым средам и отвечающие параметрам рабочего процесса.

5. Технологические трубопроводы должны иметь несгораемую изоляцию, защищенную от разрушения.

6. Прокладка транзитных трубопроводов с взрывопожароопасными продуктами над или под наружными установками не допускается.

7. Не допускается прокладка трубопроводов с горючими, токсичными и агрессивными веществами через бытовые, административные, электропомещения, помещения управления технологическим процессом, вентиляционные камеры.

Пожарная опасность трубопроводов, работающих под давлением, обусловлена возможностью выхода горючих продуктов наружу из-за образования неплотностей и повреждений. Причинами образования неплотностей и повреждений могут быть:

- повышение давления в трубах сверх допустимых значений;
- коррозия материала труб продуктами и внешней средой;
- температурные деформации;
- вибрация и гидравлический удар.

Пожарная опасность средств перемещения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Средства перемещения жидкостей – насосы и подъемники.

В целях пожарной профилактики предусматривается следующее.

1. Систематически контролировать герметичность уплотнений.
2. Применять торцевые уплотнения. При транспортировке токсичных и легковоспламеняющихся жидкостей (сжиженные газы, нестабильные бензины, растворители) применяют двойные торцевые уплотнения с подводом уплотняющей жидкости под давлением в замкнутую камеру торцевого уплотнения.
3. Применять бессальниковые насосы, в том числе мембранные, погружные.
4. Применять устройство открытых насосных, обеспечивающих рассеивание горючих паров и газов.
5. Применять устройство перепускных линий (со стороны нагнетания на всасывание) и предохранительных клапанов на поршневых, шестеренчатых и винтовых насосах.
6. Предотвращать вибрации насосов путем тщательной регулировки, устройством массивного фундамента.
7. Исключать перегревы насосов в местах трения (из-за перекоса вала, нарушения смазки и охлаждения).

Помещения насосных должны быть отделены от других помещений (операторной, вентиляционной камеры, электропомещений и др.) глухими газонепроницаемыми несгораемыми стенами и иметь самостоятельные выходы наружу.

Все всасывающие и нагнетательные трубопроводы горючих продуктов, связывающие технологическую аппаратуру с насосами, должны иметь отключающую арматуру, расположенную вне помещения насосной, на расстоянии не менее 3 м от здания насосной и 5 м от открытой насосной, но не более 50 м.

В насосных, имеющих категорию пожаровзрывоопасности А или Б, предусматриваются автоматические системы обнаружения опасных концентраций горючих паров и газов в воздухе помещения с использованием сигнализаторов.

В помещениях закрытых насосных объемом до 500 м³ оборудуют стационарные системы паротушения, объемом более 500 м³ устраивают стационарные системы тушения пожаров воздушно-механической пеной. В помещениях открытых насосных также устраивают стационарные системы тушения пожаров воздушно-механической пеной.

Пожарная опасность компрессоров и компрессорных станций.

Пожарная опасность компрессоров зависит прежде всего от сжимаемых газов. Сжиматься могут горючие газы, смеси горючих газов с инертными газами, воздухом и кислородом, а также чистый воздух. При сжатии горючих газов опасные концентрации внутри компрессора могут возникнуть в том случае, если во внутренний объем проник воздух или другой окислитель. Это может произойти, когда образуются неплотности во всасывающей линии и давление ниже атмосферного. Комплекс мероприятий, предупреждающих образование взрывоопасных концентраций, предусматривает:

- надежную герметизацию рабочих полостей компрессора и трубопроводов;
- устройство местных отсосов от уплотнений;
- установку предохранительных клапанов;
- устройство общеобменной вентиляции;
- оборудование автоматических систем обнаружения горючих газов в воздухе компрессорной станции.

Источники зажигания:

1. Искрящие контакты открытых электродвигателей.
2. Газовые двигатели (газомоторы).
3. Системы смазки и охлаждения газомоторов.

4. Воспламенение в результате сброса выхлопных газов от газомотора и горючих газов от предохранительных клапанов компрессоров.
5. Самовозгорание нагаромасляных отложений, которые образуются в результате испарения.
6. Накопление нагаромасляных отложений, наличие застойных зон в нагнетательных коммуникациях, несвоевременная очистка коммуникаций от отложений.
7. Взрывоопасность масел.

10. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ МАТЕРИАЛОВ. МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Устройства транспортировки твердых веществ могут быть непрерывными и периодическими, горизонтальными и смешанными. Повышенную пожарную опасность представляют устройства непрерывной транспортировки сыпучих материалов. К ним относятся транспортеры, элеваторы, самотечные и пневматические трубы.

Источниками зажигания при использовании транспортеров могут быть теплота трения, фрикционные искры и разряды статического электричества, самовозгорание транспортируемых материалов и отложений пыли.

Пожарная опасность при хранении горючих веществ.

В промышленных условиях в большинстве случаев для технологического процесса используются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, твердые горючие вещества и горючие газы.

Хранение горючих веществ. Наиболее пожаровзрывоопасным оборудованием являются резервуары. Резервуары могут быть следующих видов:

- стальные и железобетонные;
- наземные и полуподземные;

- прямоугольные, цилиндрические, сферические и каплевидные;
- вертикальные и горизонтальные.

Для гашения горящего нефтепродукта на верхнем поясе резервуара монтируются пенокамеры.

Резервуары и резервуарные парки с нефтепродуктами относятся к объектам повышенной пожарной опасности:

- в них обычно хранится большое количество горючих веществ и при определенных условиях в них образуется горючая паровоздушная смесь;
- во время «больших» и «малых» дыханий выходит большое количество горючих веществ;
- пожар, возникший в одном из резервуаров, может охватить весь резервуарный парк.

Хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей осуществляется в резервуарах [33].

Хранение сжатых и сжиженных газов. Газы хранят и перевозят в сжатом, сжиженном или растворенном виде. Для хранения сжиженных углеводородных газов (СУГ) используют горизонтальные цилиндрические и шаровые резервуары (газгольдеры). При этом сферические резервуары используют на сырьевых складах.

Основные опасности, возникающие при хранении и перевозке сжатых и сжиженных газов:

- 1) механические повреждения окружающих предметов в результате взрыва упаковки с газом;
- 2) опасность, вызываемая свойствами газов в случае их утечки: воспламенение, образование взрывоопасных смесей, отравление, коррозия металлов, ожоги тела, самовозгорание определенных веществ, контактирующих с газом или поддерживание горения;
- 3) некоторые газы не обладают вредными свойствами сами по себе, однако они могут быть причиной удушья в результате уменьшения содержания кислорода в воздухе, если они скапливаются в избыточном количестве;

4) многие газы обладают наркотическим действием, иногда в очень незначительных концентрациях, некоторые могут выделять очень ядовитые пары при горении или разложении;

5) газы имеют различную плотность по сравнению с воздухом. Газы, которые тяжелее воздуха, скапливаются в нижних уровнях помещений, в приемках, в колодцах. Газы, которые легче воздуха, поднимаются вверх и рассеиваются более активно.

Меры пожарной безопасности предусматривают следующее:

1) предотвращение заклинивания ленты (недопустимы перегрузки, перекосы, завалы);

2) автоблокировку электродвигателей последовательно работающих транспортеров, которая обеспечивает аварийную остановку в случае перегрузки и других опасных ситуаций;

3) устройство систем, следящих за температурой барабана, останавливающих конвейер при аварийных ситуациях;

4) использование внутреннего и внешнего охлаждения барабана (подача воды внутрь для внутреннего охлаждения; подача распыленной воды для внешнего охлаждения);

5) регулирование зазоров между конструктивными элементами элеватора, натяжения цепи, контролирование состояния подвески ковшей и кожуха для предотвращения возникновения искр от удара;

6) правильный выбор размера кожуха и регулярную очистку конструкций от пыли – предотвращение самовозгорания материала (пыли);

7) на территории склада со сжатыми и сжиженными газами и вблизи него запрещается применение открытого огня и курение. Обязательно должны быть вывешены таблички с четкими предупредительными надписями «Курить строго запрещается»;

8) не допускается превышение установленных норм заполнения баллонов сжатыми, сжиженными и растворенными газами;

9) не допускается попадание на баллоны с кислородом жира и соприкосновения арматуры с промасленными материалами;

10) в складах баллонов с горючими газами не разрешается хранить другие вещества и материалы;

11) противопожарный инвентарь и средства пожаротушения следует размещать в хорошо доступных и видимых местах, освещаемых в ночное время. Пожарные гидранты в зимнее время должны быть утеплены, очищены от снега и льда.

Требования для хранения твердых горючих веществ и материалов, а также жидкких органических горючих соединений в небольших упаковках определены СНиПом 31-04-2001. «Складские здания» и ГОСТ 19433-88. «Грузы опасные. Классификация и маркировка». Настоящие нормы и правила должны соблюдаться на всех этапах создания и эксплуатации складских зданий и помещений класса функциональной пожарной опасности Ф5.2 (по СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»), предназначенных для хранения веществ, материалов, продукции и сырья, в том числе размещенных в зданиях другой функциональной пожарной опасности, и не требующих особых строительных мероприятий для сохранения заданных параметров внутренней среды.

11. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ НАГРЕВАНИЯ.

МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пожарная опасность процессов нагревания горючих веществ и материалов острым и глухим водяным паром. Теплообменники, их пожарная опасность, меры пожарной безопасности.

Водяной пар является самым распространенным горячим теплоносителем.

Для целей нагрева обычно применяют насыщенный или перегретый водяной пар. В практике нагревание с использованием водяного пара осуществляют двумя способами: нагревание острым паром и нагревание глухим паром.

Нагревание острым паром.

Способ нагревания острым паром заключается в том, что пар подается непосредственно в нагреваемый продукт, где конденсируется, отдает свое тепло и конденсат смешивается с нагреваемым продуктом. Нагревание острым паром применяют редко, в случае, если допустимо обводнение продукта. Этот способ часто используют для продувки и пропарки технологического оборудования. Данный способ нагревания является одним из наиболее пожаробезопасных.

Нагревание глухим паром.

При этом способе пар передает свое тепло через стенку, не соприкасаясь и не смешиваясь с нагреваемым продуктом. Теплообменная поверхность может быть образована различными способами: трубами, рубашками, пластинами и т. д. Пар конденсируется с одной стороны теплообменной поверхности, образуя тонкую пленку конденсата, который стекает вниз. Для обеспечения экономичности необходимо, чтобы пар полностью конденсировался и отдавал весь запас тепла. С этой целью применяют специальные устройства – конденсатоотводчики (конденсационные горшки).

Меры пожарной безопасности.

1. Осуществлять контроль за давлением теплоносителя и нагреваемого продукта. Лучше всего иметь автоматическую систему регулирования давления пара в зависимости от продукта.

2. Не допускать подачу пара с большим давлением, чем установлено по технологическому регламенту.

3. Очищать теплообменную поверхность в установленные инструкцией сроки от загрязнений и накипи.

4. Удалять неконденсирующиеся газы из межтрубного пространства теплообменника.

От температурных напряжений в теплообменных аппаратах предусматривают:

– устройство компенсаторов (линзовые, плавающая головка, V-образные трубы);

- теплоизоляцию корпуса, которая уменьшает разность температур;
- рациональный режим пуска и остановки аппаратов (нельзя форсировать во избежание резкого перепада температур).

Пожарная опасность процессов нагревания горючих веществ и материалов пламенем и топочными газами. Трубчатые печи, их пожарная опасность, меры пожарной безопасности.

Этот способ нагревания является одним из наиболее распространенных, так как пламя и топочные газы, образующиеся при сжигании топлива, имеют высокую температуру. Пламенем и топочными газами нагревают:

- негорючие вещества в металлургической, машиностроительной, металлообрабатывающей и других отраслях промышленности;
- на тепловых электростанциях, в котельных отопления;
- горючие вещества в нефтяной, нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, газовой и других отраслях промышленности;
- на сельскохозяйственных предприятиях.

Печи являются весьма опасными источниками зажигания. При их эксплуатации могут иметь место:

- взрывы в топочном пространстве печей и в боровах;
- повреждения труб змеевика;
- повреждения двойников;
- повреждения топливной коммуникации и утечка топлива.

Меры профилактики должны предусматривать:

- очистку топлива от воды и механических примесей;
- применение сепараторов для отделения воды от газа;
- чистку форсунок в установленные сроки;
- автоматическое перекрытие топливной линии при обрыве факела пламени;
- переход на другой вид топлива (желательно иметь возможность использовать два вида топлива – жидкость и газ);
- включение приспособления для воспламенения факела и подачи топлива.

Меры пожарной безопасности.

1. При эксплуатации необходимо строго следить за установленным перепадом давления, так как его величина характеризует скорость движения продукта в змеевике, т.е. следить за $P_{нач}$ и $P_{кон}$.

2. При работе следить за температурным режимом продукта и печи. Важным показателем является температура дымовых газов над перевальной стенкой (около 850 °C). Повышение этой температуры при неизменном количестве сжигаемого топлива и расходе нагреваемого продукта свидетельствует об ухудшении теплообмена, т. е. о закоксованности радиантных труб.

3. Систематически очищать трубы от загрязнений и отложений кокса.

4. При нагревании горючих газов часто используют водяной пар, который снижает коксование и увеличивает скорость движения.

5. Контроль за внешним видом змеевиков: операторы знают, что если участок затемнен и выделяется на фоне светлой трубы, то здесь возможен прогар.

6. В случае прогара надо остановить печь – постепенно или аварийно. Продукт удаляется (выдавливается) из системы и змеевик продувается паром.

Причины повышения давления в печах могут быть следующие:

- нарушение нормального режима работы насосов;
- увеличение гидравлического сопротивления системы;
- нарушение температурного режима (всплытие).

Меры профилактики от повышения давления предусматривают: автоматическое регулирование работы насосов, контроль за температурным режимом и давлением, соблюдением темпа нагрева и охлаждения продукта при пуске и остановке печи.

Эрозия и коррозия способствуют прогару труб змеевиков. В условиях работы змеевиков возможны следующие виды коррозии.

1. Наружная поверхность радиантных труб подвергается кислородной коррозии при избытке воздуха и высоких температурах. Если пламя касается труб, то имеет место пережог металла с образованием окалины.

2. В конвекционной камере интенсивная коррозия имеет место у труб первых рядов, когда в дымовых газах имеется сернистый ангидрид (SO_2), который образует серную кислоту (H_2SO_4).

3. Внутренняя поверхность труб подвергается коррозии и эрозии за счет прохождения нагретого продукта с содержащимися в нем примесями.

Меры профилактики от действия коррозии и эрозии предусматривают: соблюдение установленных коэффициентов избытка воздуха, очистку продукта от примесей, контроль за износом труб (особенно их концов). Факел пламени не должен касаться поверхности труб.

Профилактика повреждения двойников включает следующие мероприятия.

1. Контроль за качеством развалицовки, результаты которого заносят в специальный журнал.

2. Контроль за состоянием корпусов двойников.

3. Исключение воздействия атмосферных осадков на двойники, чтобы исключить резкие изменения температуры.

4. Испытание змеевика и двойников после сборки двойным гидравлическим давлением.

5. Запрещается подтяжка болтов с целью уплотнения пробок без снижения давления в змеевике до атмосферного.

Профилактика повреждения топливной коммуникации включает следующие мероприятия:

– необходимо наблюдать и контролировать плотность соединений;

– излившееся топливо смывать с площадки или убирать, используя песок и другие подсобные средства;

– устанавливать дополнительную задвижку на топливной линии не ближе 10 м от основной, предназначенную для быстрого отключения топлива при аварии;

– при возникновении пожара осуществлять аварийную остановку печи. Аварийная остановка производится также при прекращении подачи сырья, водяного пара, электроэнергии, воды, при авариях самой печи или смежных аппаратов.

Средства пожаротушения.

Трубчатые печи, как правило, оборудуются стационарной системой пожаротушения с давлением водяного пара 4–6 атм. Пар подводится в шахты двойников, радиантные камеры, боров и к основанию дымовой трубы. При пожаре боров необходимо прикрывать шибером, что резко уменьшает тягу и интенсивность горения. При больших пожарах кроме пара применяют пеноу и воду. Пар подводится и к продуктовым линиям для аварийного выдавливания продукта из змеевиков в аварийную емкость, которая должна размещаться за пределами установки на расстоянии не менее 40 м [4].

12. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ

Различают простую перегонку и ректификацию. Простой перегонкой называется процесс частичного испарения раствора и полной конденсации образующихся паров. Ректификация – это процесс разделения жидких однородных смесей на составляющие их компоненты в результате многократного противоточного взаимодействия пара с жидкостью.

Ректификационные колонны классифицируют по конструктивному исполнению – тарельчатые и насадочные и в зависимости от рабочего давления – это колонны, работающие под вакуумом; работающие при атмосферном давлении и при повышенном давлении.

Тарелки различают клапанные, струйные, ситчатые, колпачковые.

Для обеспечения ректификации необходимо в верхней части колонны, навстречу парам, организовать поток жидкости (флегмы, орошения). Для этого на верху колонны тем или иным способом отнимается тепло (тепло парциального конденсатора). За счет этого часть паров, подни-

мающихся с верхней тарелки, конденсируется, образуя необходимый нисходящий поток жидкости. В нижнюю часть колонны необходимо обеспечить восходящий поток паров. Для этого в низ колонны тем или иным способом подводится тепло (тепло кипятильника). При этом часть жидкости, стекающей с нижней тарелки, испаряется, образуя поток паров. При таком режиме самая низкая температура будет вверху колонны, а самая высокая – внизу. Отбираемый сверху колонны продукт, обогащенный низкокипящим компонентом, называется ректификатом (или дистиллятом), а снизу колонны отбираемый продукт, обогащенный высококипящим компонентом, называется остатком или кубовым (нижним) продуктом. Та часть колонны, куда вводится сырье, называется секцией питания или эвапорационным пространством; часть ректификационной колонны, находящаяся выше ввода сырья, – верхней, концентрационной или укрепляющей, а ниже ввода сырья, – нижней, отгонной или исчерпывающей.

Причины повреждений ректификационных колонн и меры по их предупреждению.

Нарушение нормального режима конденсации паров.

Для уменьшения пожарной опасности, возникающей при нарушении нормального режима конденсации паров, необходимо:

- 1) осуществлять непрерывный контроль за величиной давления в ректификационных колоннах;
- 2) не допускать повышения сверхустановленной величины температуры хладагента на выходе из конденсатора-холодильника и дефлегматора;
- 3) контролировать температуру и расход хладагента перед поступлением его в дефлегматор и конденсатор-холодильник;
- 4) не допускать подачи загрязненного хладагента;
- 5) соблюдать установленные сроки очистки теплообменных поверхностей от отложений как со стороны хладагента, так и со стороны пара.

Образование отложений.

Образование отложений на тарелках и в трубах колонн возможно в следующих случаях.

1. При разгонке растворов, склонных к термическому разложению с образованием твердых коксообразных веществ.

2. При разгонке склонных к полимеризации продуктов (например, при разгонке продуктов, содержащих дивинил) чаще всего образование отложений полимеров и смол наблюдается в кипятильнике и нижней части колонны.

3. При низкотемпературной разгонке сжиженных газов наличие влаги в исходном сырье приводит к образованию кристаллогидратных пробок, которые появляются обычно в самых холодных частях колонн.

Профилактические мероприятия, препятствующие образованию отложений в ректификационных колоннах:

1) нагретую в трубчатой печи исходную смесь перед подачей в колонну пропускают через пустотелый аппарат-эвапоратор для отделения твердых частиц кокса;

2) применяют два выносных кипятильника, которые попеременно очищаются от отложений полимеров без остановки работы колонны;

3) правильно выбирают конструкцию колонны (например, в нефтеперерабатывающей промышленности широко применяются самоочищающиеся клапанные тарелки, теплообменники с плавающей головкой, у которых удобнее всего производить чистку межтрубного пространства);

4) соблюдают сроки очистки аппаратов от отложений;

5) при ректификации сжиженных газов тщательно осушают газ от влаги;

6) в некоторых случаях в места возможного образования кристаллогидратных пробок подают небольшое количество спирта или эти участки подогревают.

Попадание в ректификационные колонны низкокипящих жидкостей.

Резкие и большие скачки давления в высокотемпературных ректификационных колоннах могут произойти при попадании в них низкокипя-

щих жидкостей (например, обводненного пара, воды, рассолов и др. жидкостей). Некоторое количество воды может оставаться на днище колонн после их промывки или гидравлического испытания. Она может попасть в колонну и из конденсатора (дефлегматора), размещенного непосредственно на колонне. При обогреве низа колонны острый паром, в момент впуска последнего, возможно попадание из паровой линии значительных количеств конденсата, что может послужить причиной взрыва колонны.

Основные профилактические мероприятия:

- 1) необходимо следить за полнотой слива воды из колонны после ее промывки и гидравлического испытания;
- 2) перед пуском острого пара в колонну паровая линия должна продуваться от конденсата;
- 3) на паровой линии, непосредственно около колонн, должны быть устройства для отделения и слива конденсата;
- 4) пар можно подавать только в колонну, разогретую до рабочей температуры;
- 5) обслуживающий персонал должен быть особенно внимателен при переключении линии;
- 6) на паровой линии должен быть обратный клапан во избежание засасывания горючей жидкости из колонн при снижении давления или образовании вакуума в линии из-за конденсации водяного пара;
- 7) для защиты колонны от разрушения при повышении давления устанавливают предохранительные клапаны в верхней части колонны, а иногда, при большом числе тарелок (более 40) – в средней и нижней частях колонны.

Термические воздействия на материал ректификационных колонн.

Опасные внутренние напряжения в материале колонн и трубопроводов могут появиться в результате резких изменений температур в колонне и при наличии участков с разрушенной теплоизоляцией колонн, если они расположены вне помещений.

Профилактические мероприятия:

- 1) ректификационные колонны, а также горячие трубопроводы должны иметь исправную теплоизоляцию;
- 2) трубопроводы на прямолинейных участках оборудуют компенсаторами.

Воздействие на колонны нагрузок динамического характера.

При недостаточно жестком креплении колонн к фундаменту и слабом креплении трубопроводов от вибраций и колебаний могут появиться разрушающие напряжения в материале колонн. Вибрации и колебания вызывают потоки воздушных масс, движущиеся части машин (насосов, компрессоров и т. п.), а также пульсации давления в трубопроводах.

Меры профилактики:

- 1) колонны устанавливают на самостоятельных фундаментах, не связанных с фундаментами других аппаратов и зданий;
- 2) крепеж наружных колонн к фундаменту должен осуществляться с учетом характера ветровой нагрузки.

Химический износ материала колонн.

Коррозии подвергаются патрубки, колпачки, внутренняя поверхность колонны и шлемовая труба за счет коррозийных свойств разгоняемых жидкостей или находящихся в них примесей.

Меры профилактики:

- 1) правильный выбор материала корпуса колонн, тарелок, шлемовой трубы и прокладок;
- 2) предварительная очистка растворов от коррозийных примесей;
- 3) использование ингибиторов коррозии;
- 4) использование защитных покрытий.

13. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ

13.1. Пожарная опасность процесса абсорбции

Абсорбция, ректификация, экстракция, адсорбция, растворение, кристаллизация, сушка относятся к массообменным процессам. *Абсорбция* – процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями (абсорбентами).

Абсорбция, в отличие от адсорбции, происходит во всем объеме поглотителя – абсорбента. *Абсорбция* – процесс избирательный и обратимый. Поэтому в сочетании с обратным абсорбции процессом десорбции он используется для разделения газовых смесей на отдельные компоненты.

Аппараты для проведения абсорбции (абсорбера или скруббера) делятся на три типа:

- 1) поверхностные – абсорбера, в которых контакт фаз создается между жидкостью и газом (паром). Процесс абсорбции осуществляется в слое жидкости, растекающейся по насадке;
- 2) барботажные – абсорбера, в которых контакт фаз создается между потоками газа и жидкости (абсорбционные колонны);
- 3) распыливающие – абсорбера, в которых контакт фаз создается за счет разбрызгивания жидкости в газе с помощью форсунок.

В качестве абсорбентов во многих случаях используются горючие жидкости, а газовые и парогазовые смеси, поступающие на абсорбцию, часто также горючи (газовая смесь, поступающая на абсорбцию, называется *абсорбтивом*). При нормальной работе внутри абсорбера концентрация газопаровой фазы находится вне предела воспламенения, так как поступающие на абсорбцию смеси чаще всего не содержат кислорода.

Источники зажигания. В качестве специфических источников зажигания при осуществлении процесса абсорбции могут выступить пирофорные соединения (например, сульфиды железа), которые откладываются на стенках аппаратов. Поэтому при остановке аппаратов на чистку и ремонт следует предпринимать соответствующие меры предосторожности:

- медленное окисление в процессе продувки аппаратов водяным паром;

– увлажнение стенок аппарата.

Пожарная опасность процессов десорбции (поскольку процессы десорбции чаще всего осуществляются перегонкой насыщенного адсорбента) может быть оценена с использованием методов оценки ректификационных установок.

13.2. Пожарная опасность процессов адсорбции.

Меры пожарной безопасности

Адсорбция – процесс поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей. Другими словами адсорбция – поглощение (концентрирование) веществ из растворов или газов на поверхности твердого тела. Адсорбция применяется для очистки воды, газов, в вакуумной технике и др. Адсорбенты обладают избирательными (селективными) свойствами и обратимостью, благодаря чему имеется возможность выделять поглощенные ими вещества путем десорбции. Адсорбция осуществляется в специальных аппаратах – адсорберах. Она бывают непрерывного действия с движущимся или «кипящим» слоем адсорбента и периодического – с неподвижным слоем адсорбента.

Адсорберы периодического действия бывают горизонтальные, вертикальные и кольцевые. Принцип их работы одинаков. Адсорбцию следует проводить при сравнительно низких температурах. При повышенных температурах извлекают поглощенное вещество из адсорбента, т. е. ведут процесс десорбции. Эти процессы следует проводить при повышенном давлении. Понижение давления способствует процессу десорбции. Из смеси газов и паров в первую очередь и в большем количестве поглощается тот компонент, который имеет более высокую температуру кипения (меньшее давление насыщенного пара). Поэтому из паровоздушной смеси поглощаются пары растворителей (бензина, ацетона и др.), а не кислород или азот воздуха.

Пожарная опасность процессов сорбции обусловлена:

- 1) большим количеством легковоспламеняющегося растворителя;
- 2) возможностью образования горючих концентраций в линиях транспортировки паровоздушной смеси и в адсорберах. Количество выделяющихся паров растворителя может увеличиться в двух случаях: при увеличении скорости испарения (изменение температурного режима) и при увеличении площади испарения (результат перегрузки рабочих мест);
- 3) горючестью активированного угля (адсорбента), который способен самовозгораться;
- 4) возможностью распространения начавшегося пожара по паровоздушным линиям.

Меры пожарной безопасности.

1. Контролирование температурного режима технологического процесса (автоматическое регулирование температуры).
2. Ограничение количества растворителей (или количества изделий) на каждом рабочем месте.
3. Проведение проверочных расчетов для оценки концентрации горючих паров, образующихся в случае применения других более летучих растворителей.
4. Резервирование вентиляционных агрегатов.
5. Энергоснабжение вентиляторов от двух независимых источников питания.
6. Оборудование специальной трубы аварийного выхлопа на случай выхода из строя адсорберов и других аппаратов, когда рекуперационная станция не сможет принимать паровоздушную смесь.
7. Непрерывное (или периодическое) контролирование концентрации летучего растворителя в паровоздушной смеси в аппаратах, а также в воздухе производственного помещения.
8. Остановка технологического процесса во всех случаях прекращения работы основных и резервных вентиляторов.

9. Контролирование температуры угля в адсорберах. Повышение температуры угля в процессе поглощения паров и в начальной стадии десорбции может привести к повышению концентрации растворителя в паровоздушной смеси до опасной величины.

Источники зажигания. Возможными источниками зажигания при осуществлении процессов адсорбции могут быть искры от удара и трения, а также очаги самовозгорания активированного угля.

14. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОКРАСКИ И СУШКИ

Процессы окраски.

Пожарная опасность процессов окраски обусловлена:

- свойствами применяемых лакокрасочных материалов (ЛКМ), в составе которых находится 50–60 % и даже 70–80 % легковоспламеняющихся растворителей;
- большим количеством образующихся при испарении растворителей паров, наличием источников зажигания и разветвленных путей распространения начавшегося пожара.

Наиболее пожаровзрывоопасен способ распыления сжатым воздухом, при котором образуется пожаровзрывоопасная смесь мельчайших взвешенных частиц лака или краски в воздухе.

Источники зажигания:

- тепловое проявление электрической энергии (разряды статического электричества);
- тепловое проявление механической энергии;
- тепловое проявление химической энергии (самовозгорание отложений ЛКМ);
- открытый огонь и горячие поверхности технологического оборудования.

Распространение возникших пожаров вызывается наличием:

- легкогорючих ЛКМ в непосредственной близости от окрасочных постов;

- сгораемых окрашиваемых изделий и оборудования, по которым может распространяться горение;
- вентиляционных воздуховодов;
- отходов (отложений) ЛКМ.

Меры профилактики.

Окрасочные работы следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.005–75 [9]:

1. Составление и разбавление всех видов лаков и красок необходимо производить в изолированных помещениях у наружной стены с оконными проемами или на открытых площадках. Лакокрасочные материалы допускается размещать в цеховой кладовой в количестве, не превышающем сменной потребности. Тара из-под лакокрасочных материалов должна быть плотно закрыта и храниться на специально отведенных площадках.

2. Помещения окрасочных и краскоприготовительных подразделений должны быть оборудованы самостоятельной механической приточно-вытяжной вентиляцией и системами местных отсосов от окрасочных камер, ванн окунания, установок облива, постов ручного окрашивания, сушильных камер и т. п. Не разрешается производить окрасочные работы при отключенных системах вентиляции.

3. Пролитые на пол лакокрасочные материалы и растворители следует немедленно убирать при помощи опилок, воды и др. Мытье полов, стен и оборудования горючими растворителями не разрешается.

4. Окрасочные камеры должны быть выполнены из негорючих материалов и оборудованы автономными системами местных отсосов, блокированными с устройствами, подающими сжатый воздух или лакокрасочный материал к краскораспылителям.

5. При окрашивании в электростатическом поле электрокрасящие устройства должны иметь защитную блокировку, исключающую возможность включения распылительных устройств, при неработающих системах местных отсосов или неподвижном конвейере.

6. При открытой окраске находящиеся в воздухе горючие вещества и материалы в твердом, жидким, парообразном, газообразном состоянии образуют горючую систему.

7. Ванны для окрашивания изделий окунанием вместимостью больше 0,5 м³ (как конвейерные, так и не конвейерные) должны иметь специальное укрытие и оборудованы вытяжной вентиляцией. Необходим хороший воздухообмен, который исключал бы образование взрывоопасных концентраций.

8. Для аварийного слива лакокрасочного материала, находящегося в ванне окунания вместимостью более 1 м³, устанавливается подземный резервуар, расположенный за пределами цеха на расстоянии не менее 1 м от глухой стены здания и не менее 5 м при наличии в стене проемов.

9. В электрокрасочных камерах объем отсасываемого воздуха должен быть достаточным для разбавления выделяющихся паров растворителей до концентрации, не превышающей 20 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР).

10. Количество ЛВЖ, ГЖ, которое может одновременно храниться в кладовых при приготовительных отделениях, не должно превышать суточной потребности отделочного или окрасочного цеха.

11. Приготовление рабочих составов и окрасочные работы производить только при действующей приточной, вытяжной общеобменной вентиляции и вентиляции с местными отсосами от технологического оборудования.

12. Кабины для пневматического распыления необходимо оборудовать гидрофильтрами.

13. Лакокрасочные материалы, находящиеся в емкостях и трубопроводах установок централизованной подачи, в установках для отделки методом окунания и др. технологических емкостях с объемом больше 1 м³ в случае пожара сливать в подземную аварийную емкость, расположенную за пределами здания. Установки централизованной подачи после их

опорожнения должны заполняться инертным газом, а аварийные емкости – продуваться инертным газом.

14. Если для лакирования и окраски намечается использование не предусмотренных проектом ЛКМ, то необходимо проверить расчетом, не вызовет ли такой переход увеличения концентрации паров в воздухе помещений свыше 5% НКПР.

15. Все оборудование окрасочных и краскозаготовительных отделений следует изготавливать из несгораемых материалов.

16. Окрасочные камеры очищают от осевшей краски по мере ее накопления, но не реже одного раза в неделю от осевшей краски и не реже одного раза в смену от краски, плавающей на поверхности воды.

17. Воздуховоды вентиляционных систем постов окраски распылением очищают по мере их загрязнения, но не реже 1 раза в 2 месяца.

Процессы сушки.

В химической, пищевой, строительной и других отраслях промышленности часто необходимо получать сухой продукт или продукт с необходимой влажностью. Для этого используют процессы сушки.

Сушку материалов можно производить естественным и искусственным методами.

В зависимости от способа подвода тепла для испарения жидкости и способа удаления влаги различают следующие методы сушки:

1) газовая (конвективная) сушка, характеризующаяся непосредственным контактом высушиваемого материала с потоком нагретого газа (воздух, топочные газы, азот и т.п.), который сообщает тепло, одновременно поглощая и унося с собой образовавшиеся пары;

2) контактная (кондуктивная) сушка, при которой тепло сообщается высушиваемому материалу каким-либо теплоносителем, действующим через поверхность нагрева. Для этих целей чаще всего используется водяной пар, который при этом конденсируется. При контакте с поверхностью теплообмена (плоская стенка, трубный пучок и т. п.) высушиваемый материал нагревается;

3) радиационная сушка, реализуемая путем передачи тепла инфракрасным излучением. Этот способ используют для высушивания тонколистовых материалов и лаковых покрытий;

4) диэлектрическая сушка, при которой материал высушивается в поле высокой частоты. Такой способ применяется для сушки толстолистовых материалов, он позволяет регулировать температуру не только на его поверхности, но и в глубине материала;

5) сублимационная сушка, при которой влага из предварительного замороженного состояния, минуя жидкое, переходит в парообразное. Процесс осуществляется при глубоком вакууме и низких температурах;

6) комбинированная сушка, для этого используются радиационно-конвективные и паровысокочастотные сушилки, в которых осуществляется несколько тепловых процессов, например сушка и охлаждение и т. д.

По конструкции наиболее распространенными являются следующие типы сушилок: камерные, туннельные, шахтные, ленточные (одно- и многослойные, полочные и петлевые), барабанные, вальцовые, сушилки с кипящим слоем и др.

Пожарная безопасность процессов сушки и меры профилактики.

В целях исключения образования взрывоопасных концентраций предусматривается следующее:

1. Контролировать концентрацию паров в сушильных камерах путем отбора проб или с помощью стационарных газоанализаторов.

2. Определять автоматическое регулирование заданной температуры за счет изменения количества теплоносителя.

3. Устанавливать автоблокировку, обеспечивающую отключение системы обогрева и прекращение подачи материала в сушилку в случае остановки вентилятора.

Источники зажигания. Источниками зажигания взрывоопасных смесей в конвективных сушилках могут быть:

– искры от удара и трения;

– перегрев и воспламенение высушиваемых материалов или их отходов;

- самовозгорание высушиваемых материалов или их отходов при контакте с калориферами;
- от разрядов статического электричества.

Меры пожарной безопасности.

1. Автоматическая блокировка, обеспечивающая отключение нагревательных устройств при уменьшении скорости движения или остановке транспортных устройств.
2. Установка автоматических регуляторов температуры и давления для поддержания нормального режима.
3. Очистка камер, помещений, транспортных устройств от пыли и отходов, имеющих склонность к самовозгоранию.
4. Исключение образования искр и выделения теплоты трения при наматывании волокнистых и других материалов на валы барабанов, транспортеров, вентиляторов.
5. Исключение попадания горючих материалов на греющие поверхности калориферов (калориферы рекомендуется располагать в верхней части камеры или вне камер).
6. Заземление металлических элементов сушилок для отвода статического электричества, образующегося при сушке диэлектриков.
7. Исключение перегрузки сушильных цехов высушиваемыми материалами; для каждой сушилки устанавливается предельно допустимая норма загрузки материалом.
8. Оборудование сушилок самостоятельной системой вентиляции, не связанной с вентиляцией цеха.
9. Исключение возможности отложения пыли или горючего конденсата в системе вентиляции, на стенах камер, в калориферах и т. п.; очистка воздуховодов от пыли и других отложений.
10. Тщательное очищение от пыли отработанного воздуха с помощью циклонов, фильтров, пенных камер, скрубберов.
11. Защита сушильных камер предохранительными взрывными клапанами (при $\phi_n \leq 65 \text{ г}/\text{м}^3$).

15. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Пожарная опасность нефти и природных газов нефтегазовых месторождений.

Нефть представляет собой смесь углеводородов с различными группами структурных соединений. В ее состав входят сернистые, азотистые и кислородсодержащие углеводороды, предельные, непредельные и циклические углеводороды. По фракционной перегонке нефть разделяют на фракции, отличающиеся по температурам кипения. Начало кипения нефти около 20 °C, но встречаются и более тяжелые нефти с температурой начала кипения 100 °C и более. Плотность нефти находится в пределах 730–1040 кг/м³.

Система оценки пожарной опасности веществ и материалов регламентирована стандартом [7]. В соответствии с этим стандартом нефть с температурой вспышки от –45 °C до 27 °C (в зависимости от состава) относится к легковоспламеняющимся жидкостям. Температура самовоспламенения 220–375 °C. Нижний концентрационный предел распространения (воспламенения) пламени находится в пределах 0,9–2,4 % объемных. Температурные пределы распространения (воспламенения) пламени, °C: нижний от –45 до +26, верхний от –14 до +80. Скорость выгорания $5,2 \cdot 10^{-5}$ – $7 \cdot 10^{-5}$ м/с. Скорость нарастания прогретого слоя $0,7 \cdot 10^{-4}$ – $1,0 \cdot 10^{-4}$ м/с. Температура прогретого слоя 130–160 °C.

Сырые нефти способны прогреваться в глубину, образуя все возрастающий гомотермический слой. Температура пламени при горении нефти 1100 °C. Нормальная скорость распространения пламени природного газа в смеси с воздухом составляет 0,176 м/с. Минимальная энергия зажигания – 0,028 мДж.

Пожарная безопасность технологии при производстве и хранении горючих газов.

Горючие газы могут находиться как в сжатом, так и в сжиженном состоянии. Любой газ можно превратить в жидкость, изменяя давление и

температуру. Температура, ниже которой газ переходит в сжиженное состояние, называется критической (T_{kp}). Давление, необходимое для сжигания газа при этой температуре, также называется критическим (P_{kp}).

В любом техпроцессе получения газов участвуют: установка, производящая газ; газоочистительные устройства; газопроводы; хранилища газов. Обычно аппараты и трубопроводы заполнены горючими газами без примеси окислителя и реже, по технологическим условиям, используется смесь горючих газов с воздухом или кислородом (например, получение водорода конверсией метана, ацетилена – термоокислительным пиролизом природного газа).

Для предупреждения образования горючей концентрации в аппаратах с газами используются следующие технические решения:

а) при наличии смеси горючего газа с окислителем рабочая концентрация в аппаратах устанавливается выше верхнего и ниже нижнего пределов воспламенения;

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) при нарушении автоматического регулирования компонентов или прекращении подачи одного из них должно происходить автоматическое отключение 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.

Противопожарные мероприятия на газоперерабатывающих предприятиях должны быть направлены на исключение возможности образования горючей среды и источников зажигания:

- продувка аппаратов и трубопроводов перед их пуском и остановкой негорючими газами;
- соблюдение технологического режима (контроль, автоматика);

- вентиляция помещений (приточная и аварийная);
- установка газоанализаторов;
- соблюдение графиков ППР;
- заземление аппаратов и трубопроводов;
- правильный выбор, монтаж и эксплуатация электрооборудования;
- работа искробезопасным инструментом;
- устройство предохранительных клапанов и линий сброса в атмосферу или на факел;
- автоматическое пожаротушение.

Хранение газа в мокрых газгольдерах.

Газы в сжатом состоянии хранят в газгольдерах; в сжатом, растворенном или сжиженном состоянии – в баллонах; в сжатом или сжиженном состоянии – в резервуарах. В зависимости от применяемого давления газгольдеры подразделяются на два класса: газгольдеры низкого давления (до 7000 Па) и высокого давления (от 0,07 до 3 МПа). Газгольдеры низкого давления бывают мокрые и сухие, а газгольдеры высокого давления – цилиндрические со сферическими днищами и сферические.

Сухие газгольдеры сложны в эксплуатации и очень пожароопасны. В настоящее время они вытеснены мокрыми газгольдерами. Мокрый газгольдер состоит из неподвижного резервуара, наполненного водой, в котором плавает опрокинутый стакан. Газ под колокол поступает по одному газопроводу, а выходит по другому. При наполнении газгольдера колокол поднимается, а при опорожнении – опускается. Ролики при этом скользят по направляющим шинам и устраняют качение и перекос колокола.

Пожарная опасность мокрых газгольдеров заключается в возможности образования горючей концентрации (ГК) и взрывов как внутри газгольдера и его коммуникаций, так и в здании, где установлен газгольдер. При нормальных условиях эксплуатации внутри газгольдера, заполненного газом, появление горючей смеси невозможно, так как в газгольдере и газопроводах давление всегда больше атмосферного, что исключает проникновение туда воздуха. Подсос воздуха происходит лишь при в-

кууме, возникающем в результате полного опорожнения газгольдера, за-клинивания колокола, интенсивной принудительной откачки газа в коли-честве, превышающем его поступление, либо растворения газа в воде при длительном его хранении. Большинство взрывов и пожаров газгольдеров происходит в момент их ремонта и в период пуска после ремонта (вклю-чение газгольдера в сеть и наполнение его газом). Горючая смесь может образоваться при неполном удалении газа из системы, отсутствии или не-достаточном времени продувки, негерметичном отключении коммуника-ций от газгольдера.

Источники зажигания:

- самовозгорание сульфидов железа;
- искры механического происхождения, высекаемые при ремонте газ-гольдеров и их коммуникаций;
- открытый огонь и искры сварочных аппаратов, производственных печей, искрение временной электропроводки;
- пожары и взрывы соседних установок.

Меры пожарной безопасности направлены на предотвращение об-разования горючих концентраций внутри газгольдеров, их коммуникаций и в зданиях; на исключение источников зажигания. Для предотвращения образования горючих концентраций внутри установки при пуске газголь-дера тщательно продувают систему газгольдер-газопроводы негорючими газами: углекислым, азотом, дымовыми газами, водяным паром. Для за-щиты от коррозии внутренние и наружные поверхности газгольдеров ок-рашивают (покрывают лаками). Для предотвращения перекосов роликов регулярно следят за движением роликов по направляющим, смазывают поверхность направляющих и оси роликов, равномерно наполняют газ-гольдер, предупреждают обледенение стенок. Степень заполнения газ-гольдеров контролируют специальными приборами. Обычно используют-ся механические и электрические объемоуказатели и ступенчатая сигнали-зация, позволяющая контролировать положение колокола и этим предот-вращать переполнение газгольдера.

Хранение сжиженных углеводородных газов в резервуарах.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) – это определенные смеси углеводородов: пропана, бутана, изобутана. Хранение СУГ осуществляют:

- в резервуарных парках химических, нефтеперерабатывающих и газовых заводов;
- на перевалочных кустовых и портовых базах СУГ;
- в резервуарных парках газораздаточных станций (ГРС);
- на станциях пикового газопотребления;
- в емкостях для газоснабжения населенных мест.

Резервуарные парки, базы СУГ помимо склада сжиженного газа имеют ряд сооружений: эстакады для слива газа из железнодорожных цистерн в резервуары, насосно-компрессорные станции для перемещения жидкой и паровой фаз, цехи для наполнения автоцистерн и баллонов, насосные для слива из баллонов остатков СУГ.

Пожарная опасность складов СУГ определяется:

- специфическими пожароопасными свойствами хранимых газов;
- их большим количеством;
- возможностью выхода газов наружу из оборудования;
- образованием парогазовоздушного облака большого объема;
- наличием источников зажигания;
- быстрым распространением пожара и трудностью его тушения.

СУГ тяжелее воздуха (бутан в 2 раза, пропан в 1,5 раза), поэтому их пары скапливаются в низких местах, растекаются по земле в направлении ветра, образуя зоны взрывоопасных концентраций. СУГ имеет повышенную способность к электризации и растворяют в себе воду. Повреждения резервуаров с СУГ наиболее часто происходят в результате образования повышенных давлений (переполнения, неисправности ПК, нагревания корпуса резервуара, заполнение более летучим газом, на которое резервуар не рассчитан, образование льда на дне резервуаров и в трубопроводах), вакуума, коррозии. Значительную пожарную опасность представляет процесс слива СУГ из автоцистерн в резервуары, размещаемые во дворах.

Источники зажигания: атмосферное и статическое электричество, использование стального инструмента, огневые работы, неисправность электрооборудования, самовозгорание сульфидов железа, искры двигателей внутреннего сгорания.

Меры профилактики направлены на предотвращение утечек газа, возникновения взрывоопасных концентраций газовоздушных смесей как на наружных площадках, так и внутри помещений насосных, компрессорных, а также на устранение источников зажигания. Основным мероприятием на складах СУГ является организация естественной и принудительной вентиляции.

16. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Пожарная опасность деревообрабатывающих предприятий и меры профилактики.

На предприятиях деревообрабатывающей промышленности изготавливают мебель, древесно-стружечные плиты, фанеру, столярные изделия (оконные и дверные блоки, перегородки, полотнища дверей), детали сборно-щитовых домов и т. п. Технологию производства деревообрабатывающего предприятия можно разделить на следующие операции.

1. Распиловка поступающего круглого леса с его последующей сушки в сушильных камерах.
2. Производство заготовок и сборка каркасов и изделий.
3. Отделка и окраска готовых изделий.

Исходя из наличия указанных технологических операций, деревообрабатывающие предприятия включают в себя следующие основные цехи (отделения или производства):

- 1) заготовительные и лесосушильные;
- 2) механостолярные и отделочно-окрасочные;

- 3) деревотарные и kleильно-сборочные;
- 4) склады готовой продукции.

В большинстве деревообрабатывающих цехов производят механическую обработку древесины, основными операциями при которой являются пиление, строгание, фрезерование, долбление, шлифование, штамповка, прессование и т. п.

Пожарная опасность технологического процесса производства древесных плит. Получение и применение сухих стружек и волокон в производстве древесных плит связано с опасностью возникновения взрывов и пожаров на отдельных участках технологических процессов. Технология производства плит предусматривает измельчение древесины как до стружки отдельных размеров, так и до мелкодисперсных частиц.

Противопожарные мероприятия при производстве древесно-стружечной плиты (ДСП) и древесноволокнистой плиты (ДВП).

Отделение сушки стружки: топки устраивают в отдельных помещениях и снабжают противовзрывными мембранными; между топкой и сушильным агрегатом устанавливают искроулавливающие и искрогасительные устройства; сушильный агрегат оборудуется противовзрывной мембраной и установкой автоматического пожаротушения (УАПТ); контроль температуры на выходе и входе в сушильный агрегат; автоматическое отключение сушильного агрегата путем переключения топочных газов на растопочную трубу; удаление конвейером горящей и обгоревшей затущенной стружки в безопасное место; после вентилятора на выходе из сушильного агрегата устанавливают автоматические отсекающие устройства (шиберы), препятствующие распространению пожара в циклон и далее в бункер сухих стружек; вентилятор сушильного агрегата при загорании в сушилке должен автоматически отключаться.

Пресс для горячего прессования плит оборудуется УАПТ. Необходимо систематически очищать приемник пресса от скопившихся отходов. Бункер сбора отходов также оборудуется УАПТ, уровнемером заполнен-

ния, местным отсосом. Участки шлифования и складирования древесных плит: ограждение местного отсоса снабжают улавливателем обрывков шлифовальной ленты; плиты перед шлифовкой проверяют на металл; осуществляется заземление в виде тканевых лент, пропитанных антистатическим раствором. Участок термообработки и склады плит оборудуются УАПТ, приточно-вытяжной вентиляцией; осуществляется уборка 1 раз в месяц; использование автотранспорта с искрогасителями.

Пожарная безопасность деревообрабатывающих производств.

Пожарная опасность этих производств обусловлена применением твердых горючих веществ, ЛКМ, образующейся пылью. Древесная пыль способна образовывать в смеси с воздухом взрывоопасные смеси, пыль фракции 74–100 мк с влажностью до 6,4 % имеет СНПВ от 12,6 до 25 г/м³. Осевшая пыль пожароопасна ($t_{\text{смв}} = 255^{\circ}\text{C}$). В процессе нанесения ЛКМ, транспортирования до сушилок и сушки окрашенных деревянных изделий происходит испарение растворителя в оборудовании. В помещениях также могут образоваться ГК паров с воздухом. Для смазки трущихся деталей станков применяют моторные масла ($t_{\text{всп}} = 135\text{--}210^{\circ}\text{C}$). В случае попадания масел на опилки образуется легкогорючая масса, способная самовозгораться.

Источники зажигания:

- теплота трения быстро вращающихся частей станков;
- искры при механической обработке в случае наличия в пыли металлических включений;
- самовозгорание отложений ЛКМ, опилок, пропитанных маслом;
- тепловое проявление электрического тока;
- искровые разряды статического и атмосферного электричества (молния);
- теплота трения – при распиловке древесины, перегрузке или перекосе пил, наличии в ней сучьев.

17. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ПЫЛИ И ВОЛОКОН

Горючая пыль – дисперсная система, состоящая из твердых частиц размером менее 850 мкм, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде, способная к самостоятельному горению в воздухе нормального состава. Значительную опасность для аппаратов представляет скопление осевшей пыли, которая при взвихрении может создать взрывоопасные смеси; самовозгорающаяся пыль может вызвать очаги самовозгорания.

Показатели пожаровзрывоопасности горючих пылей даны в ГОСТе [10].

Пожарная опасность технологических процессов, связанных с образованием пылей, определяется в основном свойствами последних. Согласно НПБ 105–95 помещения, в которых обращаются (являются конечным, побочным продуктом или отходом производства) горючие пыли или волокна в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, относятся к категории Б [19].

Мукомольные производства, их пожарная опасность и меры пожарной безопасности.

Технологические операции мукомольного производства включают в себя прием зерна и хранение его в силосах элеватора, очистку и подготовку зерна к помолу, размол зерна, расфасовку в мешки (выбой) готовой продукции, складирование готовой продукции.

Пожарная опасность технологического процесса характеризуется возможностью образования горючих пылевоздушных концентраций как внутри оборудования, так и в помещениях; большим количеством горючих материалов; источниками зажигания и разветвленной сетью транспортных коммуникаций, способствующих распространению пожара.

Источники зажигания в мукомольном производстве:

- теплота трения при перегревах лент и подшипников транспортеров при пробуксовке, завалах, защемлении лент;
- искры при попадании металлических и минеральных примесей в рабочие органы размольных и обоечных машин;
- искры при обрыве ковшей или лент норий;
- открытый огонь;
- тепловое проявление электрического тока;
- статическое электричество.

Противопожарные мероприятия мукомольного производства.

1. Снижение запыленности помещений достигается герметизацией оборудования с устройством местных отсосов.
2. Возникновение зарядов статического электричества исключается заземлением оборудования, ионизацией воздуха, увеличением влажности воздуха в помещении до 65 %.
3. Трубопроводы пневмотранспорта, горизонтальные и наклонные воздуховоды аспирационных систем оборудуются лючками для очистки отложений пыли, которые устанавливают до и после аппарата, около каждого колена через 2–4 м.
4. Помещения, относящиеся к категории Б, отделяются от других помещений противопожарными преградами и обеспечиваются защитой от разрушения при взрыве.
5. Обеспечивается защита противопожарных проемов и отверстий в стенах и перекрытиях.
6. Устанавливаются автоматические установки пожаротушения и сигнализации, первичные средства пожаротушения.

Хлопкопрядильные предприятия, их пожарная опасность, меры пожарной безопасности.

Хлопкопрядильное производство имеет следующее оборудование: чесальные машины с барабаном; трепальные машины; ровничные машины; прядильные машины с веретенами.

Пожарная опасность хлопкопрядильной фабрики характеризуется наличием большого количества легкогорючих веществ, возможностью появления источников зажигания и наличием путей для распространения пожара. Горючей средой в помещениях прядильных фабрик обычно являются хлопок, находящийся в кипах, в разрыхленном состоянии и в виде нитей; хлопковые отходы; пыль и пух; смазочное масло; лари для отходов и угаров; деревянные и картонные шпули; веретена, а также тележки для транспортировки пряжи.

Источники зажигания хлопкопрядильного производства.

Высечение искр при ударах металла или других твердых предметов о металл, теплота при перегреве трущихся поверхностей, искровые разряды статического электричества, тепловые проявления неисправного электрооборудования, теплота при самовозгорании хлопка и его отходов являются наиболее частыми источниками зажигания.

Пожарно-профилактические мероприятия на прядильных фабриках направлены на ограничение количества горючих веществ, находящихся в производственных помещениях, уменьшение выделения пуха и пыли, исключение возможных источников зажигания и путей распространения пожара. Количество хлопка в кипах не должно превышать суточной потребности.

Ткацкие и отделочные производства, их пожарная опасность и меры пожарной безопасности.

Поступившая на ткацкую фабрику из прядильного производства пряжа после ряда последовательных операций (перемотка, сновка, шлихтование и проборка) подается на автоматические ткацкие станки для выработки тканей, которые получают в виде длинного полотна.

Пожарная опасность ткацких производств значительно меньше, чем прядильных. Наличие технологических операций, связанных с трением нитей (перемотка, снование, шлихтование, ткачество), вызывает образование пыли и пуха. Горючей средой в цехах ткацких фабрик являются бобины пряжи, нити и ткань на станках, рулоны суровой и отбеленной тка-

ни, смазочные масла различных сортов, пыль и пух, сгораемые конструкции станков, горючие красители и т. д. В прядильно-ткацких производствах для смазки машин и механизмов требуется большое количество смазочных масел, которые из центрального склада поставляют в цеховые кладовые, располагаемые в непосредственной близости от основных производственных помещений.

Источниками зажигания при работе на ткацких станках могут быть теплота перегрева подшипников, нитей при их наматывании на валы вращающихся механизмов, теплота при трении вращающихся механизмов с ослабленным креплением о корпус станка, искры при поломке зубьев ходовой шестерни, тепловое проявление неисправного электрооборудования.

В красильно-отделочных цехах применяются такие пожароопасные вещества, как гидросульфит натрия, красители-диазоли, нейрогеновые и пологеновые красители и др. При термической обработке тканей возможно осаждение пуха и пыли на внутренних стенках камер и сушилок, на их рабочих органах (роликах), а также возможна конденсация смелообразных веществ на внутренних стенках воздуховодов. Распространение пожара на ткацких и отделочных фабриках может происходить по конструкциям машин, системам аспирации, отложениям пыли и пуха; поверхностям разлившихся масел или красок, по поточным линиям подвесных и ленточных конвейеров. Кроме того, распространение пожара может проходить через вертикальные шахты грузовых подъемников для межэтажного транспортирования, через шахты лифтов, а также через проемы в стенах и перекрытиях.

Пожарно-профилактические мероприятия на ткацких и отделочных фабриках направлены на тщательную и систематическую уборку производственных помещений, очистку оборудования от пыли и пуха, исключение источников зажигания и предотвращение распространения пожара. Чистку ткацкого станка производят по окончании доработки основы, а обмашку – в течение работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособие «Пожарная безопасность технологических процессов» были отражены основные аспекты пожарной безопасности технологических процессов разных видов производств, произведено описание оборудования, виды пожарной нагрузки, источники зажигания, причины возникновения аварийных ситуаций, которые приводят к возникновению пожара или взрыва. Приведен ряд пожарно-профилактических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдурагимов И. М. Процессы горения / И. М. Абдурагимов. – М. : ВШ МВД СССР, 1984. – 265 с.
2. Алексеев М. В. Пожарная профилактика технологических процессов производств / М. В. Алексеев, О. М. Волков, Н. Ф. Шатров. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1986. – 371 с.
3. Алтухов К. В. Химическая технология / К. В. Алтухов, И. П. Мухленов, Е. С. Тумаркина. – М. : Изд. Просвещение, 1985. – 304 с.
4. ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М., 1989. – 22 с.
5. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка. – М., 1988. – 57 с.
6. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. – Общие требования. – М, 1991. – 78 с.
7. ГОСТ 12.1.044–89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М., 1989. – 79 с.
8. ГОСТ Р 12.3.047–98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М., 1998. – 77 с.
9. ГОСТ 12.3.005–75. Окрасочные работы общие требования безопасности. – М., 1976. – 78 с.
10. ГОСТ 12.1.041–91. Пожаровзрывоопасность горючих пылей. Общие требования. – М., 1984. – 34 с.
11. Демидов П. Г. Горение и свойства горючих веществ / П. Г. Демидов, В. А. Шандыба, П. П. Щеглов. – М. : Химия, 1985. – 272 с.
12. Калекин В. С. Машины и аппараты химических производств / В. С. Калекин, В. А. Плотников. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2004. – 343 с.
13. Калекин В. С. Тепломассообменное и реакционное оборудование химических производств / В. С. Калекин, В. А. Плотников. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2003. – 122 с.

14. Клубань В. С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса / В. С. Клубань, А. П. Петров, В. С. Рябиков. – М. : Стройиздат, 1987. – 477 с.
15. Корольченко А. Я. Основы пожарной безопасности предприятия. Современная противопожарная защита зданий и сооружений. Полный курс пожарно-технического минимума : учеб. пособие / А. Я. Корольченко, Д. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2006. – 313 с.
16. Маршалл В. Основные опасности химических производств : [пер. с англ.] / Под ред. Б. Б. Чайванова, А. Н. Черноплекова. – М. : Мир, 1989. – 671 с.
17. Назаренко Е. С. Пожарная безопасность деревообрабатывающих производств. – М. : Лесная пром-сть, 1990. – 272 с.
18. НПБ 23–2001. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей. – М., 2001. – 7 с.
19. НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М. : ГУ ГПС МЧС РФ, 2003. – 24 с.
20. ПБ 09–540–03. Общие правила взрывобезопасности для взрыво-пожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. – М., 2003. – 48 с.
21. ПБ 11–588–03. Правила безопасности при производстве губчатого титана и титановых порошков. – М., 2003. – 14 с.
22. ПБ 11–548–03. Правила безопасности при производстве циркония, гафния и их соединений. – М., 2003. – 19 с.
23. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. издание : в 2-х книгах. Кн. 1 / под ред. А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко. – М. : Химия, 1990. – 384 с.
24. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. издание : в 2-х книгах. Кн. 2 / под ред. А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко. – М. : Химия, 1990. – 496 с.

25. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М. : Инфра, 2003. – 161 с.
26. ППБО 157–90. Правила безопасности в лесной промышленности. – М., 2003. – 108 с.
27. Правила пожарной безопасности и производственной санитарии для окрасочных цехов. – М., 1976. – 72 с.
28. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А. И. Скобло, Ю. К. Молоканов, А. И. Владимиров, В. А. Щелкунов – М. : Недра, 2000. – 679 с.
29. Рафа П. И. Пожарная безопасность при огневых работах / П. И. Рафа. – М. : Стройиздат, 1984. – 77с.
30. Саушев В. С. Пожарная безопасность хранения химических веществ / В. С. Саушев. – М. : Стройиздат, 1982. – 128 с.
31. Семенов Л. И. Взрывобезопасность элеваторов мукомольных и комбикормовых заводов / Л. И. Семенов, Л. А. Теслер. – М. : Агропромиздат, 1991. – 367 с.
32. СНиП 21–03–2003. Склады лесных материалов. – М., 2003. – 14 с.
- 33 . СНиП 2.11–03–93. Склады нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов. – М., 2003. – 22 с.
34. СНиП 34–02–99. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. – М., 1999. – 10 с.
35. СНиП 41–01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М., 2003.– 49 с.
36. СНиП 31–04–2001. Складские здания. – М., 2003. – 7 с.
37. СНиП 21–01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М., 1997. – 22 с.
38. Сугак А. В. Процессы и аппараты химической технологии / А. В. Сугак, В. К. Леонтьев, В. В. Туркин. – М. : Академия, 2005. – 224 с.
39. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон №123-ФЗ от 22июля 2008г. – М. : ЭНАС, 2008. – 184 с.