

**Кокшетауский технический институт
Комитета по чрезвычайным ситуациям
Министерства внутренних дел
Республики Казахстан**

Кафедра пожарной профилактики

Составители: К.К.Карменов, Е.М.Шапихов

Курс лекций

**по дисциплине: «Пожарная безопасность технологических процессов»
для специальностей 5B100100 «Пожарная безопасность»,
5B103100 «Защита в чрезвычайных ситуациях»,
5B103200 «Командная тактическая сил гражданской обороны».**

Кокшетау - 2019

УДК 614.84

Рецензенты:

Карденов С.А. - кандидат технических наук, КАТУ им. С. Сейфуллина
Арифджанов С.Б. - кандидат технических наук, КТИ КЧС МВД РК

Рекомендовано к печати Учебно – методическим советом Кокшетауского
технического института КЧС МВД Республики Казахстан
Протокол № 7 от 10 апреля 2019 г.

Карменов К.К., Шапихов Е.М. Пожарная безопасность технологических
процессов. Курс лекций: Кокшетауский технический институт КЧС МВД
Республики Казахстан.

В курсе лекций представлены анализ пожарной опасности
технологических процессов и оборудования, способы предотвращения
исключения горючей среды внутри технологических аппаратов и
оборудований. Даны основные понятия по определению категории помещений
и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

УДК 614.84

Кокшетауский технический институт
КЧС МВД Республики Казахстан, 2019

Оглавление

Введение	5
Тема 1. Общие сведения о технологии, технологических процессах. Общие определения по пожарной безопасности технологических процессов.	7
Тема 2. Анализ горючей среды внутри технологических аппаратов с горючими жидкостями.	11
Тема 3. Анализ горючей среды внутри технологических аппаратов с горючими газами, пылями.	18
Тема 4. Пожарная опасность выхода горючих веществ наружу из технологического оборудования.	23
<i>Занятие 4-1. Выход горючих веществ наружу из нормально действующего технологического оборудования.</i>	23
<i>Занятие 4-2. Выход горючих веществ наружу из поврежденного технологического оборудования.</i>	30
Тема 5. Определение категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.	34
<i>Занятие 5-1. Определение категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.</i>	34
<i>Занятие 5-2. Методика расчета критериев взрывопожарной опасности помещений.</i>	36
Тема 6. Причины повреждения технологического оборудования.	45
Тема 7. Производственные источники зажигания.	48
Тема 8. Ограничение количества горючих веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе.	59
Тема 9. Огнезадерживающие устройства на производственных коммуникациях.	64
Тема 10. Повреждение аппаратов и трубопроводов в результате коррозии.	73
Тема 11. Повреждение аппаратов и трубопроводов от температурных воздействий на конструктивные элементы.	76
Тема 12. Защита аппаратов от разрушения при взрыве.	78
<i>Занятие 12-1. Способы защиты аппаратов от разрушения при взрыве.</i>	78
<i>Занятие 12-2. Размещение клапанов и уход за ними.</i>	79
Тема 13. Пожарная безопасность процессов механической обработки твердых веществ и материалов.	81
Тема 14. Пожарная безопасность средств транспортировки и хранения веществ и материалов.	86
<i>Занятие 14-1. Пожарная безопасность средств транспортировки и хранения горючих жидкостей и газов.</i>	86
<i>Занятие 14-2. Пожарная безопасность средств транспортировки твердых веществ и материалов.</i>	88
Тема 15. Пожарная безопасность процессов нагрева и охлаждения	93

веществ и материалов.

<i>Занятие 15-1. Пожарная безопасность процессов нагрева водяным паром.</i>	93
<i>Занятие 15-2. Пожарная безопасность процессов нагрева открытым пламенем и высокотемпературными теплоносителями.</i>	101
Тема 16. Пожарная безопасность процесса ректификации.	105
<i>Занятие 16-1. Устройство и работа ректификационной колонны.</i>	105
<i>Занятие 16-2. Особенности пожарной опасности процесса ректификации</i>	111
Тема 17. Пожарная безопасность процессов сорбции и рекуперации.	114
<i>Занятие 17-1. Пожарная безопасность процессов абсорбции.</i>	114
<i>Занятие 17-2. Пожарная безопасность процессов адсорбции и рекуперации.</i>	118
Тема 18. Пожарная безопасность процессов окраски и сушки веществ и материалов.	123
<i>Занятие 18-1. Пожарная безопасность процесса окраски.</i>	123
<i>Занятие 18-2. Пожарная безопасность процесса сушки.</i>	131
Тема 19. Пожарная безопасность химических процессов.	138
<i>Занятие 19-1. Пожарная безопасность химических процессов и производства полимерных материалов.</i>	138
<i>Занятие 19-2. Пожарная безопасность экзотермических и эндотермических химических процессов.</i>	144
Тема 20. Методика изучения технологии производства.	149
Тема 21. Пожарно – техническая экспертиза технологических процессов на стадии проектирования и эксплуатации.	152
Список использованной литературы	155

Введение

Дисциплина пожарная безопасность технологических процессов является необходимым предметом для профессиональной подготовки курсантов. Данная дисциплина знакомит будущих бакалавров с технологией производств пожароопасных свойств, обращающихся в технологических процессах веществ и материалов, возможными причинами образования в производственных условиях горючей среды, источников зажигания и путей распространения пожара, методами пожарного надзора за технологическими процессами производств.

Программой предусмотрено выполнение групповых упражнений, проведение деловых игр и разбор конкретных ситуаций.

По отдельным разделам и темам дисциплины предусматривается разработка и выполнение практических заданий.

Цель курса: формирование у курсантов необходимых знаний, умений и навыков по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов и промышленных технологий; разработка целесообразных и экономически эффективных противопожарных мероприятий.

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

Главная задача курса - изучение научно-технических основ пожаровзрывоопасности технологического оборудования, способов ограничения количества горючих веществ и материалов, основных закономерностей протекания типовых технологических процессов, методов пожарного надзора за технологическими процессами производств на объектах промышленности и агропромышленного комплекса.

В результате изучения данной дисциплины курсанты должны:

иметь представление:

- о технологии производств пожароопасных свойств, обращающихся в технологических процессах.

знать:

- предмет, цель, задачи дисциплины и её значение для своей будущей профессиональной деятельности;
- классификацию и характеристику основных технологических процессов,
- методы анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования;
- способы исключения горючей среды внутри технологических аппаратов и предотвращения образования производственных источников зажигания;
- способы предотвращения распространения пожара и защиты людей и технологического оборудования от воздействия пожара и взрыва;
- методику проведения пожарно-технического обследования объектов промышленности и агропромышленного комплекса.

уметь:

- разрабатывать профилактические мероприятия, направленные на исключение условий возникновения пожара;
- определять на основе инженерных методов расчета категорию зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности;
- составлять алгоритм расчета пожаровзрывоопасных параметров технологических процессов и применять при вычислении прикладные компьютерные программы.

Тема 1. Общие сведения о технологии, технологических процессах. Общие определения по пожарной безопасности технологических процессов.

Учебные вопросы:

- 1. Введение в курс «Пожарная безопасность технологических процессов».**
- 2. Основные определения по пожарной безопасности технологических процессов.**

1. Введение в курс «Пожарная безопасность технологических процессов».

Цель курса: формирование необходимых знаний, умений и навыков по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов; разработка целесообразных и экономически эффективных противопожарных мероприятий.

Дисциплина знакомит с технологией производств, пожароопасными свойствами обращающихся в технологических процессах веществ и материалов, возможными причинами образования в производственных условиях горючей среды, источников зажигания и путей распространения пожара, методы пожарной профилактики технологических процессов производств.

По отдельным разделам и темам дисциплины предусматривается разработка и выполнение практических расчетов.

Задачи курса: дать понятия о технологии, технологических процессах производств, изучить причины и условия образования горючей среды внутри технологического оборудования, в производственных помещениях и на открытых технологических площадках; причины повреждения технологических аппаратов и трубопроводов; причины и условия возникновения горения; причины и условия, способствующие развитию пожаров на промышленных объектах; типовые мероприятия и технические решения по исключению условий возникновения и распространения пожаров на промышленных объектах; основные принципы, заложенные в систему категорирования помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности; методы анализа пожаровзрывоопасности технологий производств; требования нормативных документов, регламентирующих пожарную безопасность технологических процессов и промышленных предприятий.

Коротко задачу курса можно сформулировать следующим образом - изучение научно-технических основ пожаровзрывоопасности технологического оборудования, способов ограничения количества горючих веществ и материалов, основных закономерностей протекания типовых технологических процессов, методов пожарной профилактики технологических процессов производств на объектах промышленности и агропромышленного комплекса.

В результате изучения данной дисциплины курсанты должны:

иметь представление:

- о технологии производств пожароопасных свойств, обращающихся в технологических процессах.

знать:

- предмет, цель, задачи дисциплины и её значение для своей будущей профессиональной деятельности;
- классификацию и характеристику основных технологических процессов,
- методы анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования;
- способы исключения горючей среды внутри технологических аппаратов и предотвращения образования производственных источников зажигания;
- способы предотвращения распространения пожара и защиты людей и технологического оборудования от воздействия пожара и взрыва;
- методику проведения проверки противопожарного состояния объектов промышленности и агропромышленного комплекса.

уметь:

- на основе анализа, инженерных расчетов определять уровень пожарной опасности помещений, зданий, сооружений, оборудования;
- разрабатывать профилактические мероприятия, направленные на исключение условий возникновения пожара.

Объем дисциплины 4 кредита, изучается в течение 2 семестров.

2. Основные определения по пожарной безопасности технологических процессов.

Способ производства - это совокупность всех операций, которые проходит сырье до получения из него конечного продукта. Он складывается из последовательных операций, протекающих в соответствующих аппаратах и 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 для получения готовой продукции.

Технологический процесс сопровождается внутри аппаратным движением и превращением перерабатываемых материалов. Материалы могут находиться в твердом, жидком и газообразном состояниях. Их могут нагревать и охлаждать, сжимать и растягивать, растворять и конденсировать.

Например, в химической промышленности осуществляются разнообразные процессы, в которых исходные материалы в результате химических взаимодействий претерпевают глубокие превращения, сопровождающиеся изменением агрегатного состояния, внутренней структуры и состава веществ.

Технологический процесс может рассматриваться как часть производственного процесса и она связана с обусловленными воздействиями, направленными на изменение свойств или на состояние обращающихся в процессе производства веществ и изделий.

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

Крупные отрасли промышленного производства могут состоять из совокупности технологических процессов. Так деревообрабатывающая отрасль предполагает технологию заготовки леса, его транспортирования и штабельного хранения на лесобиржах. Далее из древесины получают пиломатериалы, целлюлозу, бумагу, картон, скипидар, канифоль и т.д. На мебельных фабриках реализуется технология изготовления мебели, то есть в технологический процесс вовлекаются различные вещества, материалы и механизмы для получения новых потребительских качеств готовой продукции.

Из сырой нефти в процессе технологических операций получают бензины, масла и другие нефтепродукты, которые используются в современной авиации, автомобильном транспорте и химическом производстве.

При обработке металлов проходит целый ряд технологий использующих способы горячего литья, механической резки,ковки, сварки, никелирования, хромирования, пайки и т.д.

С середины 19-го века технология стала формироваться как самостоятельная наука с фундаментальным базисом. Ее задачи: разработка режимов и последовательности производственных процессов. Технологическая наука, в частности, разработала современные теории обработки и передачи информации в системах управления и регулирования с использованием мощных электронно-вычислительных машин, электроники и оптоэлектроники. Она предусматривает разработку новых технологий, их совершенствование совместно с естественными науками: физикой, химией, математикой, биологией и философией определили научно-технический прогресс человечества.

К сожалению, современные высокопроизводительные технологии характеризуются повышенной пожаровзрывоопасностью, содержат угрозы выхода за пределы аппаратов, не только горючих газов, паров и пылевоздушных смесей, но и сильнодействующих ядовитых (СДЯВ) и радиоактивных веществ (РВ). Но производственные процессы должны быть пожаровзрывобезопасными. Поэтому разработки технологий производства сопровождаются поисками и созданием технологий защиты. В связи с этим Правительством республики Казахстан был утвержден Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности» (№ 439 - от 23 июня 2017 года).

С этой целью в технологические системы производства встраиваются технологии обнаружения и предотвращения развития аварий, пожаров и

взрывов. Это системы производственной автоматики: автоматического управления и регулирования технологическими процессами и 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.

Производственные процессы должны быть не только пожаровзрывобезопасными, но и экологически чистыми, не загрязняющими окружающую среду (воздух, почву, водоемы) выбросами вредных веществ.

В 1993 г. Конвенция Международной организации труда «О предотвращении крупных промышленных аварий» впервые приняла декларацию об ответственном отношении общества к правам и обязанностям человека на безопасность его жизнедеятельности.

Необходимо отметить, что в обеспечении противопожарной безопасности большое значение имеет, так называемый, человеческий фактор. Известно, что значительный процент аварийности и пожаров обусловлен ошибками производственного персонала, его недостаточной квалификацией и небрежным исполнением функциональных обязанностей.

Пожарная безопасность объекта защиты - состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

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, характеризующее возможность 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.

Главенствующими определяющими пожарной опасности технологического процесса являются:

- наличие пожарной нагрузки: горючих твердых, жидких 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 ГОСТе Р 12.3.047-98. «Пожарная безопасность

технологических процессов. Общие требования. Методы контроля», который следует исполнять неукоснительно.

В соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-98 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 по их массе меньше некоторого принятого порогового значения.

На каждый технологический процесс необходимо иметь декларацию пожарной безопасности, т.е. форму оценки соответствия, содержащую информацию о мерах пожарной безопасности, направленных на обеспечение объекта защиты нормативным значением пожарного риска.

Кроме пожарной опасности следует принимать во внимание и дополнительные показатели опасности веществ и материалов. К таким показателям относятся: токсичность, ядовитость, едкость, способность вызывать коррозию, радиоактивность и др.

Контрольные вопросы:

1. *Что понимается под технологическим режимом?*
2. *Понятие технологического процесса в промышленности.*
3. *Как соблюдается пожарная безопасность объекта защиты?*
4. *Где содержится информация о мерах пожарной безопасности, направленная на обеспечение объекта защиты?*
5. *Что можно отнести к дополнительным показателям опасности веществ и материалов?*

Тема 2. Анализ горючей среды внутри технологических аппаратов с горючими жидкостями.

Учебные вопросы:

1. ***Аппараты с неподвижным уровнем жидкости.***
2. ***Аппараты с подвижным уровнем жидкости.***

На промышленных, сельскохозяйственных и других предприятиях перерабатываются (обрабатываются) и хранятся разнообразные по физико-химическим и пожароопасным свойствам жидкие, газообразные и твердые вещества. На современных производствах технологические процессы герметизированы, то есть вещества заключены в аппараты или трубопроводы, внутреннее пространство которых может послужить местом возникновения пожара. Поэтому необходимо рассмотреть причины образования горючей среды внутри технологического оборудования, а также способы защиты аппаратов и трубопроводов от этих горючих образований с учетом условий ведения технологических процессов.

1. Аппараты с неподвижным уровнем жидкости

Внутри закрытого аппарата с неподвижным уровнем горючей жидкости (рисунок 2.1) 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. В наиболее общем случае наличие горючей смеси в аппарате выражается следующим образом:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v, \quad (2.1)$$

где φ_p - рабочая (фактическая) концентрация паров жидкости в аппарате; φ_n , φ_v - соответственно нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения паров (область воспламенения).

При установившемся (в течение достаточно длительного периода времени) технологическом режиме эксплуатации аппарата пары равномерно распределяются по всему объему газового пространства при концентрации насыщения φ_s , величина которой зависит от температуры среды в аппарате. Из курса химии известно, что $\varphi_s = f(T)$, поэтому образование горючей среды в аппарате в этом случае определяется соотношением

$$T_{\text{нпв}} \leq T \leq T_{\text{впв}}, \quad (2.2)$$

где T - расчетная температура жидкости; $T_{\text{нпв}}$, $T_{\text{впв}}$ - соответственно нижний и верхний температурные пределы воспламенения жидкости (с учетом давления среды в аппарате).

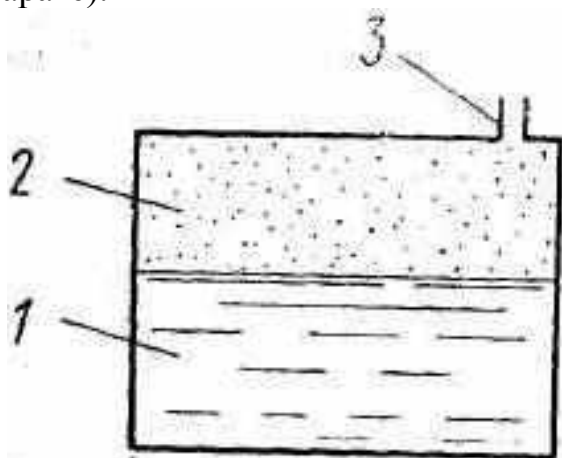


Рисунок 2.1. Закрытый аппарат с паровоздушным пространством:

1 - жидкость; 2 - паровоздушное пространство; 3 - дыхательная линия

Рабочая температура жидкости определяется по показаниям приборов, из технологического регламента либо из пояснительной записки к проекту. Если рабочая температура жидкости в процессе эксплуатации аппарата изменяется, следует определить, в какие именно периоды работы аппарата внутри него могут возникнуть горючие концентрации.

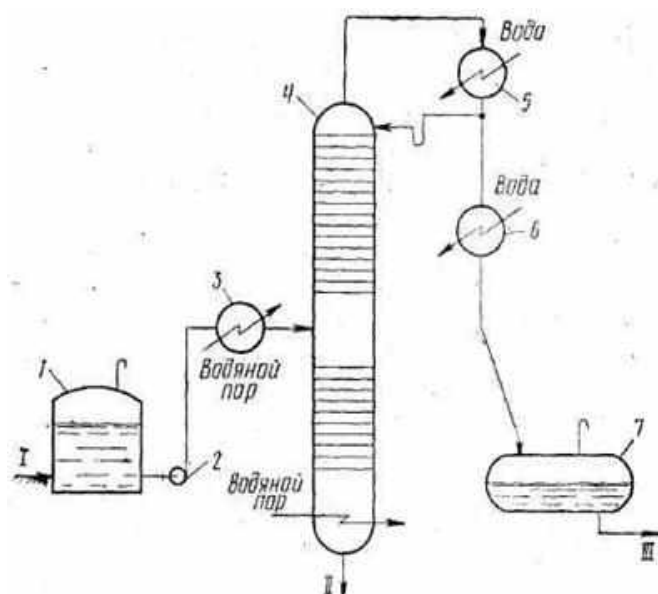


Рис. 2.2. Схема установки для укрепления водного раствора спирта:
 1 - промежуточная емкость; 2 - насос; 3 - подогреватель; 4 - ректификационная колонна;
 5 - дефлегматор; 6 - холодильник; 7 - сборник ректификата;
 I - 20%-ный раствор спирта; II - вода; III - 96%-ный раствор спирта (ректификат)

Сказанное проиллюстрируем следующим примером. На установке получения этилового спирта (рисунок 2.2) 20%-ный раствор спирта при 18°C из емкости подается на подогрев (до 70°C) в подогреватель, а затем подвергается укреплению (ректификации) в ректификационной колонне при минимальной температуре 80°C и давлении, близком к атмосферному. Из верхней части колонны выходят и конденсируются пары чистого спирта-ректификата, который охлаждается до 20°C в холодильнике и сливается в емкость.

Требуется определить взрывоопасность паров спирта во всех аппаратах данной технологической схемы. Для решения этого вопроса следует установить, имеют ли аппараты свободный объем, в котором могут образоваться паровоздушные смеси, и сравнить рабочие температуры жидкостей в аппаратах с величиной их температурных пределов воспламенения (таблица 2.1): в аппарате 1 среда негорючая, так как температура раствора спирта ниже нижнего предела воспламенения; в аппарате 7 среда горючая; в аппаратах 2 - 6 отсутствует паровоздушное пространство.

Таблица 2.1

Номер аппарата	Наименование аппарата; жидкость	Наличие паровоздушного пространства в аппарате	Рабочая температура в аппарате, °C	Температурные пределы воспламенения водно – спиртовых растворов		Заключение о горючести среды в аппарате
				нижний	верхний	
1	резервуар; 20% - ный раствор спирта	есть	18	33	54	среды негорючая, так как $T_p < T_{нпв}$
2	насос; 20% - ный	нет	18	33	54	отсутствует

	раствор спирта					паровоздушное пространство
3	подогреватель; 205 – ный раствор спирта	нет	70	33	54	отсутствует паровоздушное пространство
4	ректификационная колонна; верх – 96% - ный раствор спирта; низ - вода	нет	верх 80 низ 100	11	40	отсутствует паровоздушное пространство
5	дефлегматор; спирт - ректификат	нет	80	11	40	отсутствует паровоздушное пространство
6	холодильник; спирт - ректификат	нет	80...20	11	40	отсутствует паровоздушное пространство
7	приёмник; спирт - ректификат	есть	20	11	40	среда горючая, так как есть паровоздушное пространство и $T_{нпв} < T_p < T_{впв}$

При незначительных колебаниях рабочей температуры в аппаратах с неподвижным уровнем горючей жидкости в большинстве случаев за расчетную температуру T принимают среднюю рабочую температуру жидкости T . При значительных колебаниях рабочей температуры в аппарате необходимо учитывать тот факт, что концентрация насыщенных паров в газовом пространстве емкости определяется меньшей из температур: поверхностного слоя жидкости или газового пространства. Например, в неизолированных металлических емкостях, расположенных на открытом воздухе (резервуары для нефти и нефтепродуктов) и летом в дневное время подверженных воздействию солнечной радиации, температура газового пространства превышает температуру жидкости. Следовательно, концентрация насыщенных паров определяется температурой поверхностного слоя жидкости, которая превышает среднюю рабочую температуру жидкости. В этом случае необходимо дополнительно определять и учитывать перегрев поверхностного слоя жидкости. Это особенно важно для жидкостей, имеющих высокий нижний температурный предел воспламенения (керосин, реактивное топливо, в некоторых случаях дизельное топливо), когда при повышении температуры окружающей среды или под воздействием солнечной радиации температура поверхностного слоя растет и достигает нижнего температурного предела воспламенения. Концентрация паров жидкости при этом входит в область воспламенения.

В жаркие летние дни перегрев поверхностного слоя жидкости в металлическом неизолированном резервуаре может достигать 10...20 градусов, что влияет на пожаровзрывоопасность газового пространства резервуара.

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

1. Ликвидация газового пространства. Техническое решение можно достичь следующим образом:

а) предельным (полным) заполнением аппарата или емкости жидкостью. Здесь три опасности: перелив при перенаполнении аппарата жидкостью, разрушение аппарата и перелив при повышении температуры в полностью заполненном аппарате;

б) хранением жидкости (например, сероуглерода) под защитным слоем воды;

в) применением резервуаров с плавающей крышей (рисунок. 2.3), одновременно выполняющей роль внешней стационарной крыши. Кольцевой зазор между плавающей крышей и стенкой резервуара уплотняют специальным затвором. В резервуаре такой конструкции горючая среда может образоваться только в кольцевом зазоре под уплотнением, а также при снижении уровня жидкости ниже предельного нижнего положения крыши, когда она опускается на опорные стойки;

г) применением резервуаров со стационарной крышей и плавающим понтоном (рисунок 2.3).

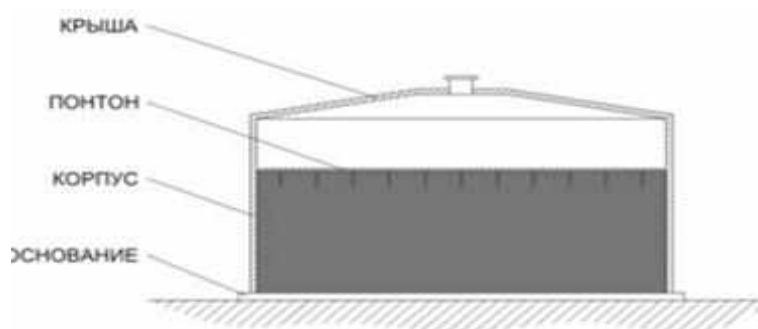


Рисунок 2.3. Резервуар с плавающей крышей и с понтоном

В резервуаре с понтоном предотвращение образования горючей среды возможно только при условии обеспечения интенсивного (хотя бы естественного) проветривания преднамеренно разгерметизированного надпонтонного газового пространства. Применение понтона приводит к унижению концентрации паров легковоспламеняющейся жидкости в паровоздушном пространстве над понтоном, что при отсутствии вентиляции повышает пожаровзрывоопасность надпонтонного пространства;

д) применением емкостей с гибкими внутренними оболочками.

2. Поддержание безопасного температурного режима. Это достигается посредством систем контроля и регулирования. Рабочая температура поддерживается ниже нижнего (например, в подогреваемом мазутном резервуаре) или выше верхнего (например, в ректификационной колонне) температурного предела воспламенения паров жидкости.

3. Снижение концентрации паров горючей жидкости при заданной температуре ниже нижнего концентрационного предела воспламенения. Это достигается:

а) применением высокостойких пен, эмульсий и полых микрошаров, плавающих на поверхности жидкости и препятствующих её испарению;

б) применением добавок, снижающих упругость паров и испаряемость жидкости. В качестве таких добавок могут использоваться вода – для спиртов, ацетона, уксусной кислоты; четырёххлористый углерод – для нефтепродуктов и сероуглерода; специальные желатинизирующие (загущающие) добавки – для моторного топлива в авиации.

4. Введение негорючих (инертных) газов в газовое пространство аппарата. В результате данной операции либо снижается концентрация окислителя (кислорода воздуха), либо он полностью замещается. Негорючими газами (флегматизаторами) могут быть азот, углекислый газ, водяной пар, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Добавление инертных компонентов ухудшает горючие свойства среды. Область воспламенения при этом сужается вплоть до её полной ликвидации при определённой (флегматизирующей) концентрации инертного компонента.

Флегматизирующие концентрации инертных газов (при достижении и превышении которых воспламенение невозможно) для смесей различных горючих веществ с воздухом приводятся в справочной литературе.

Расход инертного газа определяют по объёму газового пространства аппарата или по производительности аппарата.

2. 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.

Если в газовом пространстве резервуара, работающего с неподвижным уровнем, достигнута насыщенная концентрация паров жидкости и это газовое пространство защищено от выветривания; (например, дыхательным клапаном), то ни последующий длительный покой, ни движение уровня жидкости вверх не изменяют состав и состояние газовой среды в закрытом дышащем аппарате. В этих случаях сохраняет силу оценка горючести среды по температурным пределам воспламенения. Однако при снижении уровня жидкости в аппарат (через дыхательное устройство) поступает воздух и разбавляет насыщенные пары. Если концентрация паров в резервуаре была больше верхнего концентрационного предела воспламенения (была негорючей), то при откачке жидкости во всем объеме газового пространства или только в зоне притока воздуха паровоздушная смесь может становиться горючей. Смесь, находящаяся в области воспламенения, при откачке может разбавиться до пожаробезопасного состояния. При непрерывной циклической работе аппарата (чередование наполнения и опорожнения) может случиться так, что большую часть рабочего времени в аппарате будет ненасыщенная концентрация паров. В

этих случаях оценку горючести паровоздушной смеси необходимо выполнять только по соотношению:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v, \quad (2.3)$$

где φ_p - изменяющаяся рабочая концентрация паров, определяемая расчетом или экспериментально.

При следующих исходных данных: объем резервуара 4600 м³; площадь поверхности жидкости 410 м²; предельная степень наполнения 0,9; производительность операций закачки и откачки бензина 470 м³/ч; время простоя между операциями 3 ч; упругость паров при рабочей: температуре 20°С, 0,63 МПа средняя концентрация паров в резервуаре всегда останется негорючей, так как даже ее минимальное значение (0,13) в конце опорожнения более чем в два раза превышает верхний предел воспламенения.

В крупных резервуарах объемом 10 тыс. м³, 20 тыс. м³ и более разбавление паровоздушной смеси происходит в основном в зоне притока воздуха. В таких резервуарах, как и в изотермических подземных или теплоизолированных резервуарах большого объема, с большой достоверностью следует полагать, что при опорожнении в них образуются локальные горючие концентрации.

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

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

Контрольные вопросы:

1. Каким образом выражается наличие горючей смеси в аппарате?
2. Какие технические решения способствуют предотвращению образования горючей среды в закрытых аппаратах и емкостях с неподвижным уровнем жидкости?
3. Чем достигается снижение концентрации паров горючей жидкости при заданной температуре ниже нижнего концентрационного предела воспламенения?
4. Какие аппараты относятся к аппаратам с подвижным уровнем жидкости?
5. Технические мероприятия, направленные на предотвращение образования горючей среды в закрытых аппаратах и емкостях с подвижным уровнем жидкости.

Тема 3. Анализ горючей среды внутри технологических аппаратов с горючими газами, пылями.

Учебные вопросы:

1. Аппараты с газом.

2. Аппараты с пылями, порошками и волокнами.

1. Аппараты с газом

Обычно аппараты (рисунок 3.1) и трубопроводы бывают заполнены горючим газом без примеси окислителя. Реже (по технологическим условиям) используется смесь горючего газа с воздухом или кислородом (например, получение водорода паровоздушной или паро-кислородной конверсией метана, ацетилен - термоокислительным пиролизом природного газа, окислов азота - окислением аммиака).

Наличие горючей смеси газа с воздухом внутри аппаратов и трубопроводов может быть выражено условием

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v, \quad (3.1)$$

где φ_p - рабочая концентрация горючего газа в аппарате.

Рабочую концентрацию горючего газа в аппарате можно определить расчетом, по данным технологического регламента или анализом смеси.

Только для чистых сжиженных газов состав паровой фазы может быть определен так же, как и для горючих жидкостей: по температуре и давлению в закрытом аппарате.

Предотвращению образования горючей среды в закрытых аппаратах, емкостях и трубопроводах с газами способствуют следующие технические решения:

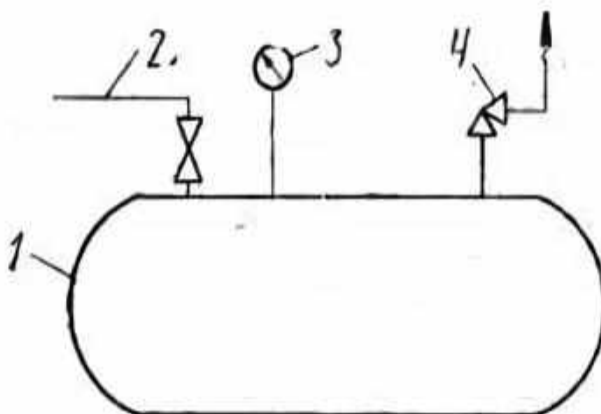


Рисунок 3.1. Аппарат с газом под давлением:

1 – корпус; 2 – приемно – раздаточная линия; 3 – манометр; 4 – предохранительный клапан

1. Поддержание концентрации горючего газа в смеси с окислителем за пределами области воспламенения (если это допустимо по условиям технологии). Для этого на линиях, питающих аппарат, устанавливают автоматические регуляторы соотношения, расхода и давления газов.

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

могут служить трубопроводы факельных систем, по которым непрерывно (или периодически) происходит сброс горючих газов на сжигание или утилизацию.

3. Непрерывный автоматический контроль содержания опасной примеси в газе (окислителя в инертном газе, окислителя в смеси горючего и инертного газов, горючего в окислителе). Примером может служить контроль примеси воздуха или кислорода в азото - водородной смеси перед сжатием на компрессорах в агрегатах синтеза аммиака. Для контроля содержания опасной примеси аппараты и трубопроводы оборудуют стационарными автоматическими газоанализаторами и, кроме того, предусматривают блокировку на узлах задвижек, исключающую попадание примеси в технологический газовый поток.

4. Стабилизация зоны горения горючей смеси в защищенном пространстве реактора (аппарата, предназначенного для проведения технологических процессов) путем выбора скорости и режима движения горючей смеси, предотвращающих «проскок» пламени (перемещение зоны горения) в незащищенное пространство реактора либо других аппаратов.

5. Аварийное преднамеренное изменение состава горючей смеси, обеспечивающее быстрый перевод ее в негорючее состояние. Это достигается путем использования инертного разбавителя или путем прекращения подачи одного из компонентов горючей смеси, в некоторых случаях - прекращением подачи сразу двух компонентов.

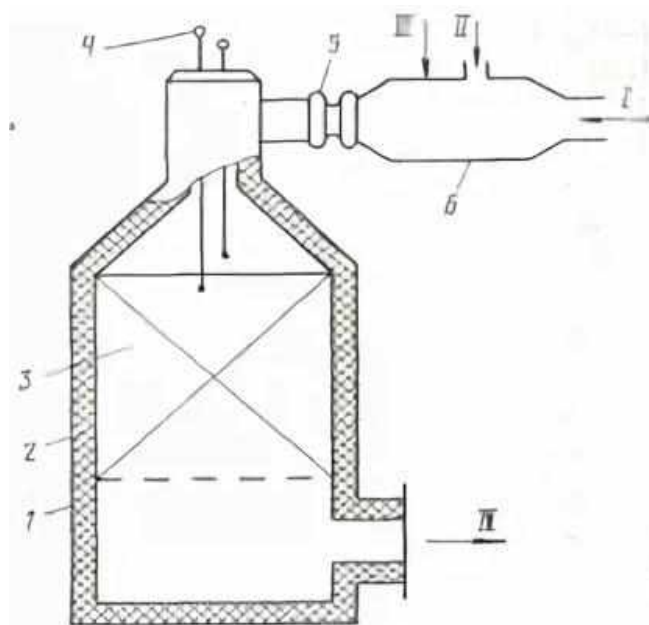


Рисунок 3.2. Конвертор метана:

1 - корпус; 2 - футеровка; 3 - катализатор; 4 - термопары; 5 - компенсатор; 6 - смеситель;
I - кислородно - воздушная смесь; II - метан; III - азот; IV - конвертированный газ.

Примером может служить агрегат конверсии метана в газовом цехе производства аммиака (рисунок 3.2). В начальный период эксплуатации таких агрегатов большая часть стальных компенсаторов выходит из строя в результате прогаров. Горение происходит при температуре около 1700°C,

поэтому в момент достижения пламенем компенсаторов, не защищенных огнеупорной футеровкой, сталь плавится, и газ горящим факелом вырывается в цех, создавая сложную обстановку пожара. В этом случае для прекращения горения требуется прекратить подачу газа в конвертор. Используется автоматическое перекрытие путем подачи сигналов с термопар, установленных над катализатором и в трубопроводе у компенсатора. Кроме того, предусмотрена подача азота в смесительную камеру. В результате прогары стальных компенсаторов прекращаются. Прекращаются и пожары в цехе от этой технологической причины.

2. Аппараты с пылями, порошками и волокнами

В производственных условиях пыли и порошки (тонко измельченные твердые вещества и материалы) могут являться сырьем (порошки в порошковой, металлургии, сажа в производстве резины), вспомогательным технологическим материалом (пылевидное топливо), промежуточным или конечным продуктом (мука, сахарная пудра и т. п.), побочными продуктами или отходами производства (мучная, табачная, древесная пыль). В зависимости от скорости движения газовой среды в технологическом оборудовании пыль может находиться во взвешенном (аэрозоль) или осевшем (аэрогель) состоянии. Пожарная опасность оборудования в этом случае зависит от состояния пыли: осевшая пыль может тлеть и гореть; взвешенная пыль может образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. 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.

Рассмотрим этот процесс на примере осаждения частицы шарообразной формы. На эту частицу, находящуюся в восходящем потоке газа, действует сила тяжести, равная весу частицы:

$$G_T = \frac{\rho_T g \pi d^3}{6} \quad (3.2)$$

и подъемная сила, которая согласно закону Архимеда, равна весу газа, вытесненного частицей:

$$G_{\Pi} = \frac{\rho_{\Gamma} g \pi d^3}{6} \quad (3.3)$$

На частицу, находящуюся в газовом потоке, действуют также силы трения (сопротивления среды), равнодействующая которых определяется по формуле:

$$R = \frac{\lambda \rho_{\Gamma} F V^2}{2} \quad (3.4)$$

В этих формулах ρ_T и ρ_{Γ} - соответственно плотность частицы и газа;

g - ускорение силы тяжести; d - диаметр частицы; F - коэффициент сопротивления среды; F - площадь поперечного сечения частицы (для частиц шарообразной формы $F = \frac{\pi d^2}{4}$).

На основании закона Ньютона получаем:

$$m \frac{dv}{dt} = G_T - G_n - R \quad (3.5)$$

где m – масса частицы.

При постоянных значениях G_T и G_n (при определенной скорости газа) наступает состояние, когда правая часть уравнения (3.4) обращается в нуль:

$$G_T - G_n - R = 0 \quad (3.6)$$

Это состояние называется динамическим равновесием частицы (достигается равенство силы сопротивления среды силе осаждения: $G_T - G_n = R$) и определяется скоростью осаждения V_{oc} . Подставляя (3.1) - (3.3) в (3.5), получим:

$$\frac{\rho_T g \pi d^3}{6} - \frac{\rho_G g \pi d^3}{6} - \frac{\lambda \rho_G \pi d^2}{4} * \frac{V_{oc}^2}{2} = 0 \quad (3.7)$$

откуда определяем скорость осаждения:

$$V_{oc} = \sqrt{\frac{4(\rho_T - \rho_G) d g}{3 \rho_G \lambda}} \quad (3.8)$$

Взвешенная пыль не будет оседать, а осевшая пыль будет взвихряться, если скорость движения газового потока будет больше скорости осаждения.

Для оценки взрывоопасности смеси взвешенной пыли с воздухом наиболее важное значение имеет нижний предел воспламенения пыли, так как величина верхнего предела воспламенения очень высока и практически редко достижима. Следовательно, условием наличия взрывоопасной концентрации пыли будет соотношение:

$$\Phi_d \geq \Phi_n, \quad (3.9)$$

где Φ_d - действительная концентрация пыли в аппарате.

Для некоторых пылей нижний предел воспламенения оказывается труднодостижимым в производственных условиях, а горение их в смеси с воздухом происходит относительно медленно. Поэтому в настоящее время принято подразделять пыли (исходя из величины нижнего концентрационного предела воспламенения) на взрывоопасные и пожароопасные: пыли с пределом воспламенения менее 65 г/м^3 считаются взрывоопасными, с пределом воспламенения 65 г/м^3 и более - пожароопасными.

Большое количество взвешенной пыли образуется при работе машин и агрегатов с механизмами ударного действия (дробилки, мельницы, разрыхлители и т.п.), а также машин и установок, действие которых сопряжено с использованием воздушных потоков (пневматические системы транспортировки, сепараторы и т. п.) или с падением измельченной продукции

с высоты (самотечные трубы, места пересыпания с одного транспортера на другой, узлы загрузки и выгрузки измельченной продукции и т.п.).

Осевшая пыль скапливается в машинах и аппаратах в застойных участках, тупиках, при дефектах поверхности, в местах резкого изменения диаметров и острых сопряжений. Скоплению осевшей пыли способствуют увеличенная влажность воздуха и конденсация влаги на стенках аппаратов и трубопроводов. Осевшая пыль при взвихрении может создать взрывоопасные смеси, самовозгорающаяся пыль - вызвать очаги самовозгорания. Искры, образующиеся от ударов металлических частиц, попавших в машину, могут вызвать очаги тления, от которых воспламенится и взвешенная пыль. Местная вспышка может вызвать взвихрение пыли в большом объеме и явиться причиной повторного взрыва большой разрушительной силы.

Известны следующие мероприятия, направленные на снижение взрывопожарной опасности аппаратов и трубопроводов с наличием пыли:

1. Применение менее «пылящих» процессов измельчения (вибрационный помол; измельчение с увлажнением; мокрые процессы обработки твердых и волокнистых веществ).

2. Введение негорючих газов внутрь аппаратов в течение всего периода работы либо в наиболее опасные моменты (например, в периоды пуска и остановки мельниц). Добавление к горючей пыли минеральных веществ (например, мела).

3. Устройство систем отсосов пыли из машин.

4. Использование негорючих газов для пневматической транспортировки наиболее опасных пылей.

5. Установление оптимальной скорости воздуха или негорючего газа и систематического контроля ее величины при пневматической транспортировке измельченных материалов с целью избежать осаждения пыли.

6. Конструктивное решение аппаратов и трубопроводов, обеспечивающее минимальное скопление осевшей пыли: гладко обработанные внутренние поверхности, плавные повороты трубопроводов, плавное сопряжение поверхностей аппаратов, плавные переходы диаметров, уклон конусной части аппаратов не менее 60°, а самотечных трубопроводов не менее 45° к горизонту.

7. Использование вибраторов для предотвращения образования пробок пыли в бункерах и трубопроводах.

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

Контрольные вопросы:

1. *Какие технические решения способствуют предотвращению образования горючей среды в закрытых аппаратах, емкостях и трубопроводах с газами.*

2. *Каким путем достигается аварийное преднамеренное изменение состава горючей смеси?*

3. Назовите мероприятия, направленные на снижение взрывопожарной опасности аппаратов и трубопроводов с наличием пыли.

Тема 4. Пожарная опасность выхода горючих веществ наружу из технологического оборудования.

Занятие 4-1. Выход горючих веществ наружу из нормально действующего технологического оборудования.

Учебные вопросы:

- 1. Аппараты с открытой поверхностью испарения.**
- 2. Аппараты с дыхательными устройствами.**
- 3. Аппараты периодического действия.**
- 4. Выход пыли в помещение.**

Горючие газы, пары и жидкости выходят в производственное помещение или на открытую площадку, если технологические аппараты имеют открытую поверхность испарения или дыхательные устройства, а также при использовании аппаратов периодического действия, с сальниковыми уплотнениями и т.п. При этом размеры образующихся наружных пожаровзрывоопасных зон определяются свойствами обращающихся в технологическом процессе веществ, количеством их, которое может выходить наружу за определенный промежуток времени, условиями выброса, растекания и рассеивания в окружающей среде.

1. Аппараты с открытой поверхностью испарения

Аппараты с открытой поверхностью испарения - это окрасочные ванны, ванны для пропитки тканей и бумаги растворенными смолами, ванны для промывки и сушки деталей, открытые резервуары, емкости и т. п.

Горючая концентрация смеси паров с воздухом над поверхностью такого аппарата образуется, если температура жидкости T выше температуры вспышки ее паров:

$$T \geq T_{\text{всп}}, \quad (4.1)$$

Количество жидкости, испаряющейся со свободной поверхности, зависит от физических свойств этой жидкости, температурных условий, площади и времени испарения, а также подвижности воздуха. Различают испарение в неподвижную и движущуюся среду.

При испарении в неподвижную среду рассеивание паров затруднено. Практический интерес представляет закон изменения концентраций пара по высоте над поверхностью испаряющейся жидкости, возможные размеры зоны взрывоопасности, количество испаряющейся жидкости.

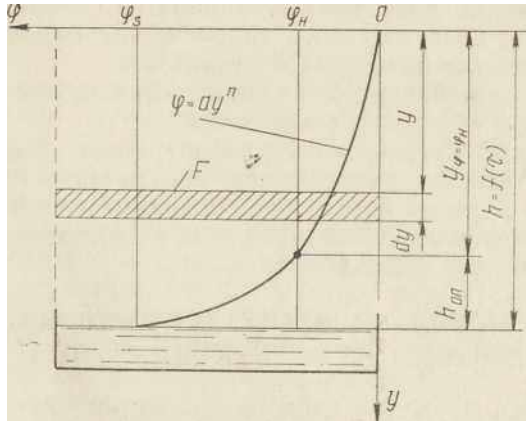


Рисунок 4.1. Изменение концентрации пара по вертикали при испарении жидкости в неподвижную среду

Над открытой поверхностью испарения жидкости закон изменения концентрации пара (по высоте) можно представить параболой n - го порядка (рисунок 4.1). Концентрация пара изменяется от насыщенной концентрации ϕ_s (у поверхности жидкости) до нуля (на некотором расстоянии от нее). Совместим начало координатной системы с точкой, где концентрация паров равна нулю. Тогда:

$$\phi = a y^n, \quad (4.2)$$

где y - координата точки, в которой определяется концентрация пара;
 a - постоянная, определяемая из граничного условия $\phi = \phi_s$ при $y=h$. При $a = \phi_s/h^n$ закон распределения концентрации пара по высоте будет иметь вид:

$$\phi = \phi_s (y/h)^n, \quad (4.3)$$

Характер испарения в движущуюся среду резко отличается от испарения в неподвижную среду. При конвективной диффузии над поверхностью жидкости образуется небольшой толщины пограничный слой с насыщенной концентрацией пара. Затем происходит резкий перепад концентрации. В слоях, лежащих выше пограничного слоя (вследствие интенсивного перемешивания среды при движении), концентрация пара становится примерно одинаковой. Количество испаряющейся жидкости $G_{\text{исп}}$ с площади F за время τ определяют по уравнению

$$G_{\text{исп}} = K_x F \Delta \phi_s \tau, \quad (4.4)$$

где ΔG_x - средняя движущая сила массопередачи; K_x - коэффициент массопередачи.

Снижение пожаровзрывоопасности производств при наличии аппаратов с открытой поверхностью испарения обеспечивают следующие технические решения:

1. Изменение технологических схем (с наличием промывочных, окрасочных ванн и других подобных аппаратов с открытой поверхностью испарения) таким образом, что весь процесс, в том числе загрузка и выгрузка материала, осуществляется изолированно от окружающего воздуха.

2. Замена легковоспламеняющихся жидкостей негорючими или менее пожароопасными жидкостями или составами.
3. Выбор наиболее рациональной формы открытого аппарата, позволяющей иметь минимальную величину поверхности испарения.
4. Устройство систем отсоса и улавливания выделяющихся при испарении паров жидкости непосредственно у аппаратов.
5. Наличие специальных устройств защиты на случай пожара (крышки для закрывания аппаратов, аварийный слив жидкости, локальная установка пожаротушения).

Следует иметь в виду, что аппараты с открытой поверхностью испарения, где только позволяет технология, должны быть заменены закрытыми аппаратами. Однако это не всегда приводит к снижению пожарной опасности. Примером могут служить мазутохранилища. При свободном выходе газов из мазута в атмосферу он сохраняет высокую температуру вспышки и в производственных условиях может быть пожаробезопасным. Перевод же мазутохранилищ из открытых в закрытые резервуары существенно повысил бы их пожаровзрывоопасность.

2. Аппараты с дыхательными устройствами

Нормальная эксплуатация закрытых аппаратов требует сообщения их внутреннего объема с окружающей средой. Пары жидкости поступают из аппаратов в атмосферу или в помещения через дыхательные трубы или открытые люки в результате так называемых малых и больших дыханий и обратного выдоха. Большим дыханием называют вытеснение паров наружу (или подсос воздуха внутрь) при изменении уровня жидкости в аппаратах. Малым дыханием называют вытеснение паров наружу (или подсос воздуха внутрь аппаратов), вызываемое изменением температуры газового пространства под влиянием изменения температуры среды. Обратным выдохом называют вытеснение паров наружу, вызываемое насыщением газового пространства емкости парами жидкости после предшествующего опорожнения емкости.

При выходе паровоздушной смеси из аппарата около него образуется горючая концентрация паров, если температура жидкости равна или больше величины нижнего температурного предела воспламенения, то есть если $T \geq T_{нпв}$.

Размер наружной опасной зоны зависит от количества выходящих паров, их свойств, конструкции емкости и ее дыхательного устройства, а также от состояния окружающей среды (главным образом скорости движения и вертикального распределения температуры воздуха).

Количество паров жидкости, которое теряется в атмосферу при дыхании аппаратов, можно определить расчетом. Если считать, что концентрация паров во всех точках паровоздушного пространства емкости или аппарата одинакова и равна насыщенному концентрации при данной температуре, то к определению

потерь жидкости замечет вытеснения паровоздушной смеси из аппарата можно подойти следующим образом.

Пусть в аппарате (рисунок 4.2) с дыхательным устройством находится жидкость. Объем V газового пространства изменяется от V_1 до V_2 , температура и давление от T_1 до T_2 и от φ_1 до φ_2 , молярная концентрация паров от φ_1 до φ_2 , концентрация воздуха от $(1 - \varphi_1)$ до $(1 - \varphi_2)$.

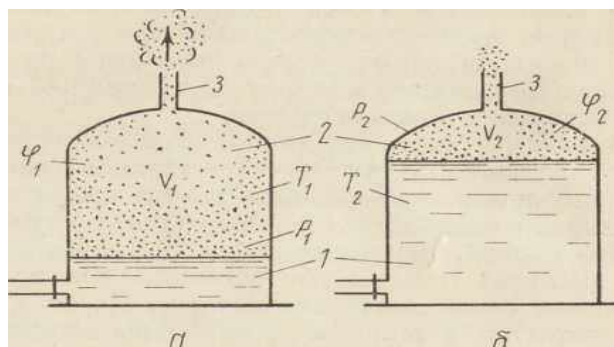


Рисунок 4.2. Закрытый дышащий аппарат:

1 - жидкость; 2 - паровоздушное пространство; 3 - дыхательный патрубок

Количество вытесненных паров можно определить, если знать объем вытесненного воздуха и концентрацию паров в нем.

В целях сокращения потерь паров жидкости и снижения пожаровзрывоопасности в окрестностях дышащих аппаратов целесообразно осуществлять следующие технические и организационные мероприятия:

1. Использование резервуаров с понтоном или с плавающей крышей. Степень сокращения потерь от испарения из таких резервуаров зависит от качества герметизации кольцевых зазоров между плавающей крышей или понтоном и стенкой резервуара не достигает 90...95 %.

2. Обеспечить постоянство объема газового пространства. Это техническое решение может быть осуществлено путем устройства газоуравнительной (газовой) обвязки двух или более резервуаров с одинаковыми жидкостями при условии синхронизации операций опорожнения и наполнения обвязанных резервуаров (рисунок 4.3). Свечи и газосборники предусматриваются на случай несовпадения противоположных операций: наполнения и опорожнения.

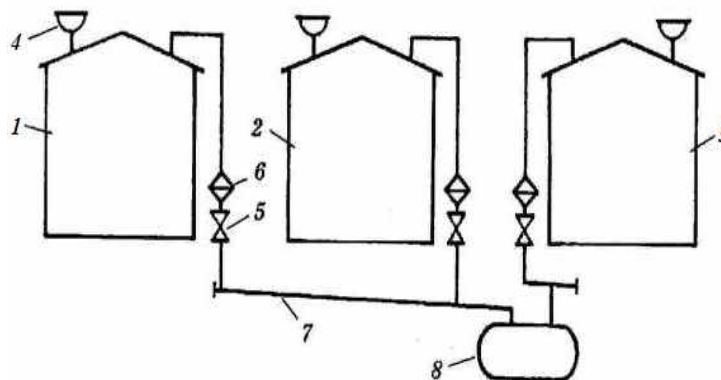


Рисунок 4.3. Принципиальная схема газовой обвязки:

1, 2, 3 - резервуары с нефтепродуктом; 4 - дыхательный клапан; 5 - задвижка;
6 - огнепреградитель; 7 - коллектор; 8 - конденсатосборник

3. Осуществить термоизоляцию резервуаров. Этому техническому решению соответствует также устройство подземных резервуаров, не подверженных воздействию суточных колебаний наружного воздуха.
4. Окрасить резервуары светлыми лучеотражающими составами. Серебристая (алюминиевая) краска почти в два раза снижает потери по сравнению с черной окраской.
5. Орошать резервуары водой посредством распылителей. Охлаждение крыши и стенок резервуара в местностях с жарким климатом приводит к снижению потерь в два раза.
6. Осуществить герметизацию газового пространства резервуаров дыхательными клапанами. Это техническое решение позволяет прежде всего полностью устранить потери от выветривания паров из негерметичного газового пространства и, кроме того, сократить или исключить потери от малых дыханий.
7. Осуществить устройство систем улавливания и утилизации паров. Для этой цели могут использоваться адсорбционные, абсорбционные, холодильные и компрессорные установки.
8. Вывести дыхательные трубы за пределы помещения. Надо сами дышащие аппараты (мерники, напорные баки, промежуточные емкости и т.п.) устанавливать в помещениях, а дыхательные трубы выводить за пределы помещения (рисунок 4.4) или присоединять к системе улавливания паров.

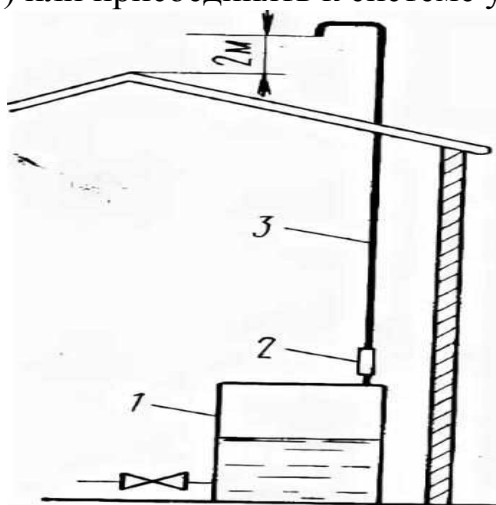


Рисунок 4.4. Схема вывода дыхательной линии от аппарата с жидкостью за пределы помещения:
1 - резервуар с жидкостью; 2 - огнепреградитель; 3 - дыхательная линия

3. Аппараты периодического действия

Аппараты периодического действия 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 горючих веществ, представляет повышенную пожарную опасность по сравнению с аппаратами непрерывного действия. Типичным аппаратом

периодического действия является смеситель, используемый для приготовления резинового клея (раствор каучука в бензине «калоша») или целлулоидной массы (раствор нитроклетчатки и камфоры в ацетоне).

Разгрузка готовой массы из такого аппарата производится опрокидыванием его при открытой крышке. Открывание крышки смесителя приводит к выходу паров ЛВЖ наружу, образованию пожароопасных концентраций вблизи аппарата, а также внутри него (при поступлении в него воздуха).

Количество паров жидкости, выходящее из аппарата, определяется в зависимости от характера выполняемой операции. Так, загрузка растворителя соответствует вытеснению паров из наполняемого аппарата, открывание крышки - сбросу избыточного давления, разгрузка в тару - испарению со свободной поверхности.

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

1. Заменять периодически действующие аппараты герметичными аппаратами непрерывного действия.
2. Герметизировать загрузочные и разгрузочные устройства.
3. Аппарат с открытой разгрузкой оборудовать системой отсоса паров и газов из его внутреннего объема.
4. Места выхода паров и газов (открываемые крышки, люки для взятия проб и т.п.) оборудовать местными отсосами.
5. При остановке аппаратов на длительный период зачищать их от остатков продукта, продувать инертным газом или заполнять водой.

4. Выход пыли в помещение

Первые систематические исследования пожаровзрывоопасности производств, связанных с выходом пыли в помещение, выполнены М. Г. Годжелло. Он исследовал пожаровзрывоопасные свойства промышленных пылей (аэровзвесей и аэрогеля), разработал методику оценки пожаровзрывоопасности производств, связанных с пылеобразованием и с изготовлением порошковой продукции. По данным М.Г.Годжелло, взрывоопасными производствами являются мукомольные, комбикормовые, сахарорафинадные и пробковые заводы; размольные отделения, перерабатывающие отходы крахмало-паточной, бродильной, масложировой и мясной промышленности; развесочные и упаковочные цеха ряда пищевых предприятий (связанных с развеской и упаковкой чая, кофе, цикория, какао, табака, стирального порошка и др.); отделочные и размольные цеха заводов пластмасс, грампластин и производств фармацевтической промышленности; размольные, смесительные и сушильные отделения анилинокрасочных заводов; торфобрикетные заводы; отдельные участки пенько-джутовой и льняной промышленности; обогатительные фабрики и размольные участки топлива, колчедана и серных руд; обогатительные фабрики легких сплавов и металлов (алюминия, магния, цинка). За последние годы

повысилась пожарная опасность производств, связанных с изготовлением мебели, корпусов телевизоров и радиоаппаратуры.

При рассмотрении вопроса о выходе пылей в производственные помещения основное внимание должно быть уделено оценке запыленности помещений с учетом осажденной пыли (аэрогеля), которая может тлеть и гореть, создавая пожарную опасность, а при определенных условиях переходить во взвешенное состояние, образуя с воздухом взрывоопасные смеси.

Для определения запыленности помещений можно использовать следующий способ: на поверхностях с залежами пыли (оборудование, строительные конструкции, полы) измеряют толщину слоя осевшей пыли и площадь запыленной поверхности; общую площадь поверхностей с залежами пыли умножают на среднюю толщину слоя и получают общий объем пыли; отбирают пробы пыли и определяют объемный или насыпной вес; умножением объема отложившейся пыли на ее объемный вес получают ее общую массу; определяют максимально возможную концентрацию пыли в объеме всего помещения или максимальный объем образуемой пылью взрывоопасной смеси.

Основные профилактические мероприятия по уменьшению пожаровзрывоопасности запыленных помещений - переход на менее «пылящие» технологические процессы; использование обеспыливающих устройств; регулярная очистка помещений от пыли. Количество выделяющейся из оборудования и накапливающейся в помещении пыли определяют исходя из особенностей технологического процесса. Так, в резинотехнической промышленности пылевыведение определяется в зависимости от норм технологических потерь на каждом технологическом участке. В отраслях, связанных со шлифовкой, полировкой деталей, количество выделяющейся пыли определяется согласно площади обрабатываемых деталей и величине снимаемого припуска.

В любом производстве регулярно проводятся текущие и капитальные уборочные работы. Эффективность этих работ оценивается посредством коэффициента $K_{уб}$ (таблица 4.1):

Таблица 4.1

Вид уборки	$K_{уб}$
Сухая	0.6
Мокрая	0.7
Механизированная передвижными пылеуборочными напольными средствами	0.8
Централизованная пневматическая с помощью стационарного пылесосного аппарата	0.9

Контрольные вопросы:

1. Что относится к аппаратам с открытой поверхностью испарения?
2. Какие технические решения обеспечивают снижение пожаровзрывоопасности производств при наличии аппаратов с открытой поверхностью испарения?

3. С помощью каких технических и организационных мероприятий достигается сокращение потерь паров жидкости и снижение пожаровзрывоопасности в окрестностях дышащих аппаратов.
4. Какие существуют методы снижения пожаровзрывоопасности аппаратов периодического действия?
5. Что можно отнести к основным профилактическим мероприятиям по уменьшению пожаровзрывоопасности запыленных помещений?

Занятие 4-2. Выход горючих веществ наружу из поврежденного технологического оборудования.

Учебные вопросы:

1. Характеристика аварийной ситуаций.
2. Локальное и полное повреждение аппаратов.

1. Характеристика аварийной ситуаций

Технологическое оборудование и осуществляемые в нем технологические процессы разрабатываются таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации опасность не возникала. Однако аварийные ситуации имеют место. Под «аварией» понимают выход из строя, повреждение какого-либо аппарата, машины и т.п. во время работы, движения. В большинстве случаев аварии, независимо от их характера, являются следствием ошибок, допущенных на стадиях разработки, проектирования, изготовления, монтажа, эксплуатации, обслуживания и ремонта производственного оборудования.

В данном разделе рассматриваются такие аварии и аварийные ситуации (с повреждением технологического оборудования), при которых горючие вещества (жидкости и газы) выходят в производственное помещение или на открытую площадку, растекаются и рассеиваются по окрестности, образуя пожаровзрывоопасные зоны за пределами технологического оборудования.

Исследование пожарной опасности, возникающей при повреждении технологического оборудования, - один из сложных вопросов пожарной профилактики технологических процессов: необходимо выяснение места, времени, причины, вида, степени повреждения, масштабов и длительности аварии.

Чаще всего анализ повреждений оборудования и связанных с ним аварийных ситуаций осуществляется следующим образом: выделяются стадии (или участки) технологического процесса; для каждой стадии или участка составляется перечень технологических аппаратов или узлов; для каждого аппарата или узла составляется наиболее полный перечень предполагаемых повреждений; анализируется каждое предполагаемое повреждение.

По каждой предполагаемой аварии из предварительного перечня, составленного для машины или аппарата, выясняют причину повреждения; степень повреждения (локальное повреждение, полное разрушение); расход и длительность утечки (в том числе общее количество вышедшего вещества); размер наружной опасной зоны (в результате рассеивания газа, растекания и

испарения жидкости); условия воспламенения и характер первичного очага пожара.

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 аварийный) сброс веществ (газов, паров, жидкостей) через предохранительные клапаны (вследствие повышения давления в аппарате) и дренажные устройства.

Каждая авария связана либо с локальным повреждением технологического оборудования, либо с полным разрушением аппарата.

Аварии и повреждения оборудования с горючими веществами обычно приводят к вспышкам, взрывам и пожарам на производствах.)

Условия воспламенения (самопроизвольного или вынужденного) горючих веществ при авариях зависят прежде всего от свойств и температуры выходящих наружу веществ. Если в поврежденных аппаратах или трубопроводах горючие вещества нагреты выше температуры самовоспламенения, при выходе их наружу и соприкосновении с воздухом сразу же возникнет горение (в результате самовоспламенения). Примерно такое же явление может наблюдаться, когда в непосредственной близости от участка повреждения находятся источники открытого огня или аппараты с температурой поверхности, равной или выше температуры самовоспламенения попадающего на них продукта.

В данном разделе рассматриваются общие для всех аварий (то есть не зависящие от места и причины) методы определения расхода и длительности утечек, количества вышедшего вещества, динамика образования и роста размера наружной опасной зоны, а также мероприятия по ограничению последствий аварий.

2. Локальное и полное повреждение аппаратов

Локальные утечки, то есть количество вещества, выходящего наружу из поврежденного аппарата, можно определить по формуле:

$$G = \alpha f v \rho \tau, \quad (4.5)$$

где α - коэффициент расхода (в случае отсутствия данных, принимать равным 0,64), f - площадь отверстия, через которое происходит истечение; v - постоянная или средняя скорость истечения вещества; ρ - плотность вещества при истечении; τ - длительность истечения.

Площадь поврежденного участка (отверстия) f определяют с учетом причин и характера повреждения и конструктивных особенностей оборудования.

Длительность истечения вещества из поврежденного аппарата τ складывается из времени от начала истечения до момента обнаружения повреждения τ_1 длительности операций по прекращению утечки τ_2 (закрытие

задвижек, установка заглушек и т.п.) и длительности остаточного истечения τ_3 , т.е.:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3. \quad (4.6)$$

Следует отметить, что величина каждого отрезка времени зависит от многих факторов. Так, время обнаружения повреждения и: начала утечки τ_1 зависит от характера и степени повреждения, числа и расположения рабочих мест обслуживающего персонала на- производственном участке и в пункте управления производством,, наличия стационарных средств контроля за технологическим процессом, чувствительности этих средств к отклонениям от норм технологического режима. При значительных повреждениях в большинстве случаев период обнаружения повреждения можно принимать равным нулю.

Длительность операций по прекращению утечки τ_2 зависит от числа питающих трубопроводов, числа, расположения, вида привода и длительности срабатывания отключающих задвижек, а также численности обслуживающего персонала, его подготовленности к ликвидации аварийной ситуации. При повреждении сложных технологических установок с жесткими технологическими связями следует учитывать время отключения всех взаимосвязанных блоков и узлов установки. Это время может измеряться часами. В простейших случаях время отключения оборудования принимают равным 15 мин при ручных операциях и 2 мин при автоматических.

Длительность остаточного истечения τ_3 зависит от объема отсекаемого оборудования, его рабочих параметров к моменту отключения и параметров самого истечения. Длительность этого периода определяется гидродинамическим расчетом.

Скорость истечения вещества. Мгновенную скорость истечения жидкости через отверстие определяют по формуле:

$$v = \sqrt{2 g H}, \quad (4.7)$$

где g — ускорение силы тяжести; H — напор.

Если истечение происходит из емкости только под давлением столба жидкости (рисунок 4.5, а), то H определяется разностью отметок от уровня жидкости до места повреждения, т. е.

$$H = H_{жс}. \quad (4.8)$$

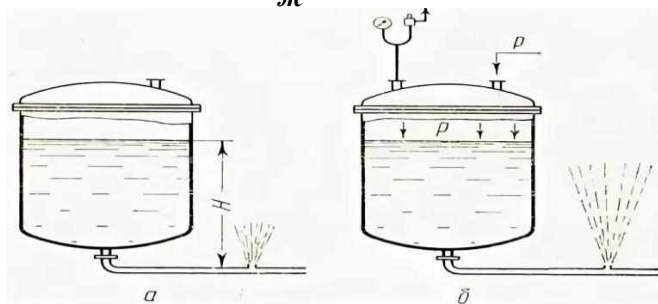


Рисунок 4.5. Истечение жидкости при локальном повреждении аппарата: а - при атмосферном давлении в аппарате; б – при избыточном давлении в аппарате

Если аппарат работает под избыточным давлением (рисунок 4.5,б):

$$H = H_{жс} + \frac{p}{\rho_{ж} g}, \quad (4.9)$$

где p - рабочее избыточное давление; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости.

Скорость истечения газа. Истечение газа или пара под давлением через отверстия сопровождается их политропическим расширением и происходит со звуковой или дозвуковой скоростью в зависимости от соотношения давления окружающей среды p_0 , куда происходит истечение, и давления p в аппарате. Границу между двумя режимами истечения (критическим и докритическим) обозначает критическое давление $p_{кр}$, определяемое соотношением:

$$\frac{p_{кр}}{p} = v = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (4.10)$$

где k – показатель адиабаты.

При полном разрушении аппаратов общее количество горючего вещества (газа или жидкости) определяется по формуле

$$G_{общ} = G_{ап} + G_{тр}, \quad (4.11)$$

где $G_{ап}$ - количество вещества, находящегося в аппарате к моменту разрушения; $G_{тр}$ - количество вещества, подаваемого к аппарату через трубопроводы до момента их отключения.

Количество вещества в аппарате к моменту разрушения определяется исходя из емкости и степени заполнения аппарата. Количество вещества, поступающего к аварийному аппарату по трубопроводам, зависит от их размеров и расхода вещества в трубопроводах, способа обнаружения аварии и отключения трубопроводов.

Площадь растекания жидкости при авариях аппаратов и трубопроводов зависит от количества излившейся жидкости, ее вязкости, температуры, интенсивности разлива, высоты падения струи, уклона площадки или пола и других факторов.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под «аварией»?
2. От чего зависят условия воспламенения горючих веществ при авариях?
3. По какой формуле определяются локальные утечки, то есть количество вещества, выходящего наружу из поврежденного аппарата?
4. Каким образом происходит истечение жидкости при локальном повреждении аппарата?
5. От чего зависит площадь растекания жидкости при авариях аппаратов и трубопроводов?

**Тема 5. Определение категории помещений и зданий
по взрывопожарной и пожарной опасности.**

**Занятие 5-1. Определение категории помещений и зданий по
взрывопожарной и пожарной опасности.**

Учебные вопросы:

- 1. Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.**
- 2. Категорирование зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.**

**1. Категорирование помещений по взрывопожарной и
пожарной опасности.**

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются по таблице 5.1.

Таблица 5.1

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

Категории помещений определяют путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д).

Определение пожароопасной категории помещения (В1-В4) по взрывопожарной и пожарной опасности осуществляется путем сравнения

максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее по тексту - пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка (g) на участке, МДж/м ²	Способ размещения
B1	более 2200	Не нормируется
B2	от 1401 до 2200	В соответствии с требованиями пункта 22 методики
B3	от 181 до 1400	В соответствии с требованиями пункта 22 методики
B4	от 1 до 180	На любом участке пола помещения площадью 10 м ² .

2. Категорирование зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

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

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1 тыс. м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категории А;

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

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1 тыс. м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В1-В4, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категориям А или Б;

суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1-В4 превышает 5 % (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В1-В4, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1-В4 в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3,5 тыс. м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категориям А, Б или В1-В4;

суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1-В4 и Г превышает 5 % суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1-В4 и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5 тыс. м²) и помещения категорий А, Б, В1-В4 оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В1-В4 или Г.

Контрольные вопросы:

- 1. По какому критерию происходит отнесение к той или иной категории по взрывопожарной и пожарной опасности?*
- 2. Каким образом происходит определение пожароопасной категории помещения (В1-В4) по взрывопожарной и пожарной опасности?*
- 3. При каких условиях допускается не относить здание к категории Б?*
- 4. В каком случае здание относится категории Д?*

Занятие 5-2. Методика расчета критериев взрывопожарной опасности помещений.

Учебные вопросы:

- 1. Выбор и обоснование расчетного варианта***
- 2. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей***
- 3. Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей***
- 4. Определение категорий В1-В4 помещений***

1. Выбор и обоснование расчетного варианта

При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

В случае если использование расчетных методов не представляется возможным, допускается определение значений критериев взрывопожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные газовоздушные или паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- 1) происходит расчетная авария одного из аппаратов;

- 2) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- 3) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным: времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с);

120 с, если не обеспечено резервирование ее элементов;

300 с при ручном отключении.

Запрещается использование технических средств для отключения трубопроводов, для которых время отключения превышает приведенные выше значения.

Быстродействующие клапаны-отсекатели должны автоматически перекрывать подачу газа или жидкости при нарушении электроснабжения.

В исключительных случаях в установленном порядке допускается превышение приведенных выше значений времени отключения трубопроводов.

4) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных) исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей - на 1 м^2 пола помещения;

5) происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеокрашенных поверхностей;

6) длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 60 минут.

Количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, определяется из следующих предпосылок:

1) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы;

2) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Примечание - Под «временем срабатывания» и «временем отключения» следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80 % геометрического объема помещения.

2. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ 100}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}} C_{\text{ст}} K_{\text{н}}}, \quad (5.1)$$

где $P_{\max}$ – максимальное давление взрыва стехиометрической газозооушной или парозооушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально. При отсутствии данных допускается принимать $P_{\max}$ равным 900 кПа;

P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

m – масса горючего газа (далее по тексту – ГГ) или паров легковоспламеняющихся (далее по тексту – ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее по тексту – ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая для ГГ по формуле (6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (11), кг;

Z – коэффициент участия горючего во взрыве, который может быть определен на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно методике приведенной в разделе 6 настоящего приложения. Допускается принимать значение Z по таблице 5.3;

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³;

$\rho_{\text{г,п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³, определяется по формуле

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367 t_p)}, \quad (5.2)$$

где M – молярная масса, кг/кмоль;

V_0 – мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_p – расчетная температура, °С.

Примечание - в качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации.

В случае, если значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°С;

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), определяется по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \beta}, \quad (5.3)$$

где

$$\beta = n_C + \frac{n_H + n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$$

- стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_C, n_H, n_O, n_X , - число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего;

K_H - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать K_H равным 3.

Таблица 5.3

Вид горючего вещества	Значение Z
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть также выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{ce} \rho_e C_p T_0 K_H} \cdot 1 \quad (5.4)$$

где H_T - теплота сгорания, Дж/кг;

ρ_e - плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг/м³;

C_p - теплоемкость воздуха, Дж/кг · К (допускается принимать равной 1,01 10³ Дж/кг · К);

T_0 - начальная температура воздуха, К.

В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении значения массы m , входящей в формулы (5.1) и (5.4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок Республики Казахстан», при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу m горючих газов или паров легко воспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле

$$K = AT + 1, \quad (5.5)$$

где: A - кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, 1/с;

T - продолжительность поступления горючих газов и паров легко воспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с (принимается по пункту 5 настоящего приложения).

Масса m , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле

$$m = (V_a + V_T) \rho_g, \quad (5.6)$$

где V_a - объем газа, вышедшего из аппарата, m^3 ;

V_T - объем газа, вышедшего из трубопроводов, m^3 ;

ρ_g - плотность газа, $кг/м^3$

При этом

$$V_a = 0,01 P_1 V, \quad (5.7)$$

где P_1 - давление в аппарате, кПа;

V - объем аппарата, m^3 ;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (5.8)$$

где V_{1T} - объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, m^3 ;

V_{2T} - объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, m^3 ;

$$V_{1T} = qT, \quad (5.9)$$

где q - расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды, $m^3/с$;

T - время, определяемое по пункту 5, с;

$$V_{2T} = 0,01 P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n), \quad (5.10)$$

где P_2 - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

r - внутренний радиус трубопроводов, м;

L - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости), определяется из выражения

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр}, \quad (5.11)$$

где m_p - масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{емк}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

$m_{св.окр}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (5.11) определяется по формуле

$$m = WF_n T, \quad (5.12)$$

где W - интенсивность испарения, кг/с*м²;

F - площадь испарения, м².

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (5.11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} h \sqrt{M} P_n \quad (5.13)$$

где h - коэффициент, принимаемый по таблице 5.4 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

P_n - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным, кПа.

Примечание - определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Таблица 5.4

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Значение коэффициента h при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

3. Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

Расчет избыточного давления взрыва ΔP , кПа, производится по формуле (5.4), где коэффициент Z участия взвешенной пыли во взрыве рассчитывается по формуле

$$Z = 0,5F, \quad (5.14)$$

где F - массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозвесь становится взрывобезопасной, то есть неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины Z допускается принимать $Z = 0,5$.

Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m = m_{вз} + m_{ав} \quad (5.15)$$

где $m_{вз}$ - расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$m_{ав}$ - расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

Расчетная масса взвихрившейся пыли $m_{вз}$ определяется по формуле

$$m_{вз} = K_{вз} m_n, \quad (5.16)$$

где $K_{вз}$ - доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$;

m_n - масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$, определяется по формуле

$$m_{ав} = (m_{ан} + qT)K_n, \quad (5.17)$$

где $m_{ан}$ - масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

q - производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;

K_n - коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных сведений о величине K_n допускается принимать:

- 1) $K_n = 0,5$ - для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;
- 2) $K_n = 1,0$ - для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяется по формуле

$$m_n = \frac{K_r}{K_y} (m_1 + m_2), \quad (5.18)$$

где K_r - доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

m_1 - масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

m_2 - масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

K_y - коэффициент эффективности пылеуборки. Принимается при ручной пылеуборке:

- 1) сухой - 0,6;
- 2) влажной - 0,7.

При механизированной вакуумной уборке:

- 1) пол ровный - 0,9;
- 2) пол с выбоинами (до 5 % площади) - 0,7.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т.п.).

Масса пыли m_i ($i = 1, 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i (1-a) b_i, (i = 1, 2) \quad (5.19)$$

где $M_i = \sum_j M_{ij}$

- масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между генеральными пылеуборками, кг;

M_{ij} - масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$$M_2 = \sum_j M_{2j}$$

- масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между текущими пылеуборками, кг;

M_{2j} - масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

a - доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. При отсутствии экспериментальных сведений о величине a принимают $a = 0$;

b_1, b_2 - доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($b_1 + b_2 = 1$).

При отсутствии сведений о величине коэффициентов b_1 и b_2 допускается принимать $b_1 = 1, b_2 = 0$.

Величина $M_i (i = 1, 2)$ может быть также определена экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij}) t_i \quad (5.20)$$

где G_{1j}, G_{2j} - интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных F_{1j} (m^2) и доступных F_{2j} (m^2) площадях, $kg/m^2 \cdot c$;

t_1, t_2 - промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

4. Определение категорий В1-В4 помещений

При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка, пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p, \quad (5.21)$$

где G_i - количество i -го материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{ni}^p - низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Удельная пожарная нагрузка g , МДж/м², определяется из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (5.22)$$

где S - площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

В таблице 5.5 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт/м², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов.

Значения $l_{пр}$ приведенные в таблице 5.5, рекомендуются при условии, если:

1) H - минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м - более 11 м;

2) если H - менее 11 м, то предельное расстояние определяется как $l = l + (11 - H)$, где $l_{пр}$ - определяется по таблице 5.6.

Таблица 5.5

$q_{кр}$, кВт/м ²	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Таблица 5.6

Материал	$q_{кр}$, кВт/м ²
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью 417 кг/м ³)	8,3
Хлопок-волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4
Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)	7,0

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то значение $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ значения предельных расстояний принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, рекомендуемое расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки определяется по формулам:

$$I_{\text{пр}} \geq 15 \text{ м, при } H \geq 11, \quad (5.23)$$

$$I_{\text{пр}} \geq 26 - H \text{ при } H < 11. \quad (5.24)$$

Если при определении категорий **B2** или **B3** количество пожарной нагрузки **Q**, отвечает неравенству

$$Q \geq 0,64 g_{\text{г}} H^2,$$

Где, $g_{\text{г}} = 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$, при $1401 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$;

$g_{\text{г}} = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$, при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$;

$g_{\text{г}} = 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$, при $0 \leq g \leq 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$, то помещение будет относиться к категориям **B1** или **B2** соответственно.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется расчетное время отключения трубопроводов?
2. Каким образом рассчитывается количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь?
3. Определения времени срабатывания и времени отключения трубопроводов.
4. По какой формуле определяется избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, Cl, Br, I, F?

Тема 6. Причины повреждения технологического оборудования.

Учебные вопросы:

1. Основы прочности и классификация причин повреждения оборудования.
2. Повреждения технологического оборудования в результате механических воздействий.

1. Основы прочности и классификация причин повреждения оборудования

Необходимым условием обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации технологического оборудования является его прочность, под которой понимают способность конструкции воспринимать усилия рабочих нагрузок, не разрушаясь и не образуя пластических деформаций сверх установленных величин. Вид и толщину материала аппаратов подбирают (при проектировании и изготовлении) таким образом, чтобы они могли противостоять воздействию внутренней и внешней среды.

Наблюдаемые на практике 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 неисправности средств защиты от перегрузок, некачественного технического обслуживания и ремонта.

Возможны следующие основные комбинации нарушений, в результате которых возникают повреждения технологического оборудования:

- превышение расчетных нагрузок при сохранении расчетной прочности оборудования;
- снижение расчетной прочности оборудования при сохранении расчетных нагрузок;

- одновременное нарушение расчетных нагрузок и расчетной прочности оборудования.

Примером разрушения технологического оборудования в результате комбинации нарушений может служить авария (с последующим тяжелым пожаром) на складе сжиженных газов газоперерабатывающего завода. Так, при заполнении горизонтального резервуара пропаном задвижку на коллекторе у заполняемой емкости закрыли без предварительной остановки насоса. При проектном максимальном давлении 2 МПа давление в коллекторе возросло до 3 МПа. Заглушка коллектора при проектной толщине 40 мм имела фактическую толщину 12 мм, причем ее шов по окружности не был проварен на 70%. По проекту на приемных и выпускных коллекторах должны были быть установлены предохранительные клапаны, но их по какой-то причине на заводе сняли. В результате снижения проектной прочности оборудования и значительного превышения рабочего давления в трубопроводе заглушку вырвало из фланца. Возник пожар, распространившийся на группу резервуаров.

Причины повреждения технологического оборудования принято классифицировать следующим образом: повреждения в результате механических воздействий; повреждения в результате температурных воздействий; повреждения в результате химических воздействий.

2. Повреждения технологического оборудования в результате механических воздействий

Под механическими воздействиями обычно понимают такие воздействия, которые возникают в результате превышения расчетных нагрузок на оборудование при сохранении его расчетной прочности. Наиболее характерным механическим воздействием является чрезмерное внутреннее давление, возникающее в аппарате при переполнении технологического оборудования жидкостями или газами. Такое явление может иметь место на производстве при нарушении технологического режима, при недостаточном контроле за технологическим процессом, при неисправности контрольно-измерительных приборов и защитной автоматики.

Для предотвращения переполнения технологического оборудования жидкостями и газами предусматриваются счетчики количества поступающих в оборудование жидкостей и газов; пожаробезопасные уровнемеры, манометры; автоматические системы прекращения подачи продуктов, отключающие насосы, компрессоры и питающие линии; сигнализаторы предельного верхнего уровня жидкости (для сжиженных газов); системы сигнализации и связи между наполняемыми аппаратами и операторными, насосными, компрессорными; переливные трубы.

При хранении жидкостей под небольшим давлением в качестве исключения допускается использование контрольных мерных стекол с клапанами, автоматически закрывающимися при поломке стекла, а также защитных сеток. Не допускается применение стеклянных уровнемеров на аппаратах со сжиженными газами под давлением. (При упомянутом выше

пожаре на складе сжиженных газов огонь с резервуара на резервуар распространялся по мере разрушения стеклянных уровнемеров.)

Подключение аппаратов с разным рабочим давлением друг к другу. Если аппарат работает под давлением, меньшим, чем давление питающего его источника, то на линии подключения аппарата к источнику давления должны быть, кроме запорной задвижки, автоматическое редуцирующее приспособление с манометром и предохранительный клапан на стороне меньшего давления. Запорная задвижка должна находиться между аппаратом и редуцирующим устройством, вблизи аппарата.

При небольшом перепаде давления оба подключенных друг к другу аппарата следует рассчитывать на наибольшее давление. Для группы аппаратов, работающих при одинаковом давлении и подключенных к аппарату с большим давлением, достаточно одного редукционного и одного предохранительного клапанов (с манометром), установленных на общей магистрали до первого ответвления.

Опасны подключения систем, работающих при высоком давлении, к системам, работающим при более низком давлении. Так, в одном из городов возникла необходимость соединить два кольца подземных газовых сетей низкого давления. Вблизи от газовой линии низкого давления проходила газовая линия среднего давления. Ошибочно линию среднего давления подключили к газовому кольцу низкого давления. Поступление газа более высокого давления в линию и к приборам, на это давление не рассчитанным, привело к образованию массовых утечек газа через неплотности в соединениях и к повреждению газовых счетчиков. Произошло «сдувание» пламени горящего газа в газовых приборах и в результате - взрывы и пожары в жилых домах.

Чрезмерное внутреннее давление в аппарате может возникнуть в результате нарушения материального баланса в оборудовании.

Технологическое оборудование может повреждаться в результате вибраций. Появляются неплотности во фланцевых соединениях, происходят нарушение швов, разрушения. Меры борьбы с вибрацией - уменьшение пульсации при работе насосов (замена поршневых насосов центробежными, установка воздушных колпаков и т.п.), устройство под вибрирующими агрегатами массивных фундаментов, использование эластичных прокладок, пружин и тому подобных устройств, а также прочное крепление аппаратов (трубопроводов). Вибрацию трубопроводов можно заметить по колебаниям самой трубы, наличию разрушенной теплоизоляции, образовавшемуся проему в стене, через которую проходит труба, по распутанным опорам. Параметры вибрации измеряют вибрографами.

К механическим повреждениям технологического оборудования следует отнести повреждения от неосторожной работы внутрицехового транспорта, ударов падающими грузами, ударного действия осколков при авариях соседних аппаратов и т.п. Внутрицеховые и межцеховые транспортные коммуникации

должны проходить как можно дальше от технологических аппаратов и трубопроводов. Для предотвращения повреждения оборудования устраивают защитные «ограждения, ограничивают скорость движения транспорта, грузо-подъемных машин и механизмов; трубопроводы прокладывают в закрытых траншеях или на эстакадах; ограничивают зоны проезда транспорта бордюрным камнем или разметкой; газовые линии прокладывают над мостовыми кранами, тельферами и другими средствами перемещения грузов.

Для защиты от создавшегося чрезмерного внутреннего давления в аппарате (трубопроводе) используют предохранительные и мембранные клапаны, область применения которых приводится в правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Контрольные вопросы:

- 1. В результате каких основных нарушений возникают повреждения технологического оборудования?*
- 2. Классификация причин повреждения технологического оборудования.*
- 3. Что понимается под механическими воздействиями на технологическое оборудование?*
- 4. Профилактические мероприятия для защиты от механических воздействий на технологическое оборудование.*

Тема 7. Производственные источники зажигания.

Учебные вопросы:

- 1. Понятие источника зажигания.***
- 2. Открытый огонь, раскалённые продукты горения и нагретые ими поверхности.***
- 3. Тепловое проявление механической энергии.***
- 4. Тепловое проявление химических реакций.***
- 5. Тепловое проявление электрической энергии.***

Одновременное появление в пространстве трех факторов - горючего вещества, окислителя и источников зажигания - может привести при определенных количественных соотношениях к возникновению и развитию пожара. Основной принцип предотвращения пожара, то есть основной принцип пожарной профилактики, состоит в устранении или хотя бы в разобщении по времени с остальными одного из указанных факторов.

На многих производствах, где обращаются горючие вещества в атмосфере окислителя (воздуха), горючая среда присутствует постоянно, и именно пожароопасный источник тепла является тем единственным фактором, который может и должен быть устранен. Отсюда важность для пожарной профилактики изучения условий появления и методов предотвращения появления пожароопасных источников тепла.

Источники тепла очень разнообразны. Знание теоретических основ возникновения горения может помочь в разработке мероприятий,

способствующих предотвращению возникновения пожара, а также в точной оценке пожарной опасности того или иного технологического процесса.

1. Понятие источника зажигания

Источником зажигания может явиться такое нагретое тело (при вынужденном воспламенении) или такой экзотермический процесс (при самовоспламенении), которые способны нагреть некоторый объем горючей смеси до определенной температуры, когда скорость тепловыделения (за счет реакции в горючей смеси) равна или превышает скорость теплоотвода из зоны реакции, причем мощность и длительность теплового действия источника должны обеспечивать поддержание критических условий в течение времени, необходимого для развития реакции с формированием фронта пламени, способного к дальнейшему самопроизвольному распространению.

Следует отметить, что поджигающую способность точечного источника тепла оценивают упрощенно - путем сравнения температуры, теплосодержания и времени его теплового действия с соответствующими характеристиками горючей смеси. При этом считают, что источник тепла опасен как источник зажигания, если температура T_n превышает температуру самовоспламенения горючей среды $T_{св}$; если теплосодержание q_n превышает минимальную энергию зажигания горючей среды $q_{мин}$; если время теплового действия τ_n превышает период индукции горючей среды $\tau_{инд}$.

Первые два параметра (T_n и q_n) могут быть определены путем измерения или расчета. В определении третьего параметра (τ_n) есть трудности, связанные с экспериментом, максимально приближенным к условиям производства.

Думается, что хотя бы для приближенной оценки пожарной опасности точечных источников тепла целесообразно учитывать и использовать имеющиеся теоретические разработки.

Область проявления неподвижного точечного источника тепла ограничена. Такой источник тепла может быть получен, например, в стационарном искровом промежутке при неподвижной горючей смеси. На практике в большинстве случаев искра является подвижной относительно среды. Так, достоверно установлено, что при ударах с трением поджигание происходит искрами во время их полета, причем при полете свечение фрикционных искр усиливается вследствие экзотермических реакций окисления искры в воздухе. Подвижными являются искры и в продуктах сгорания.

Если движение смеси относительно частицы (или наоборот) является ламинарным, условия поджигания подвижной и неподвижной искрой можно считать одинаковыми.

Из физических представлений следует, что количество тепла, необходимое для прогрева критического объема горючей смеси до температуры горения, - это и есть так называемая минимальная энергия зажигания конкретной горючей смеси. Тогда критическое условие зажигания искрой можно записать в виде:

$$q_u = q_{\min}; \quad (7.1)$$

где q_u - фактическое количество тепла, отдаваемое искрой в критический объем горючей смеси; $q_{\min}$ - минимальная энергия зажигания.

Вблизи неподвижной искры критический объем смеси имеет форму сферы. На траектории полета подвижной искры прогреваемый объем имеет примерно форму цилиндра. За критический объем можно принять часть цилиндра длиной, равной критическому диаметру (или двум критическим радиусам). Количество тепла Δq_u , отдаваемое искрой в критический объем, равно изменению теплосодержания искры при охлаждении ее в пределах критического объема:

$$\Delta q_u = V_u \rho_u c_u \Delta T_u, \quad (7.2)$$

где V_u , ρ_u , c_u - объем, плотность и удельная теплоемкость искры; ΔT_u - разность температур искры в начале и конце расчетного участка.

Эффективное тепловое воздействие подвижной искры ограничено временем пребывания ее в пределах одного критического объема. Изменение температуры искры за это время можно определить расчетом теплоотдачи от шарообразного тела в неограниченное пространство.

Диаметр прогретого летящей искрой (до температуры самовоспламенения) объема горючей среды d_{np} можно приближенно определить исходя из известной задачи прогрева газа движущейся нагретой сферической частицей с температурой T_u , радиусом r_u и скоростью движения W_u (рисунок 7.1).

Распределение температур в сечении, перпендикулярном траектории движения искры, принимаем совпадающим с распределением температуры перед искрой (рисунок 7.2).



Рисунок 7.1. Схема прогрева среды подвижной искрой:

1 - траектория движения искры; 2 - искра; 3 - граница зоны прогретой горючей смеси

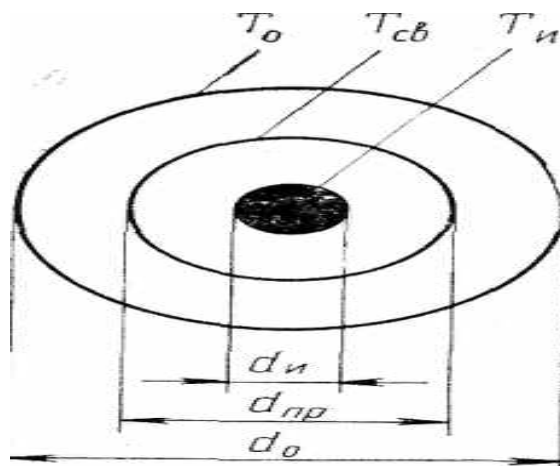


Рисунок 7.2. Распределение температуры в сечении, перпендикулярном траектории искры

2. Открытый огонь, раскалённые продукты горения и нагретые ими поверхности

Для производственных целей широко используют открытый огонь, огневые печи, реакторы, факелы для сжигания паров и газов. При производстве ремонтных работ часто используют пламя горелок и паяльных ламп, применяют факелы для отогрева замерзших труб, костры для прогрева грунта или сжигания отходов. Температура пламени, а также количество выделяющегося при этом тепла достаточны для воспламенения почти всех горючих веществ. Поэтому главная защита от данных источников зажигания - изоляция от возможного соприкосновения с ними горючих паров и газов (при авариях и повреждениях соседних аппаратов).

При проектировании технологических установок «огневые» аппараты следует изолировать, размещая их в закрытых помещениях, обособленно от других аппаратов. На открытых площадках между «огневыми» аппаратами и пожаровзрывоопасными установками (например, открытыми этажерками) целесообразно размещать закрытые здания, которые будут выполнять роль защитных преград.

Аппараты огневого действия размещают на площадках с соблюдением разрывов, величина которых в зависимости от характера и режима работы смежных аппаратов и сооружений регламентируется нормативными актами.

К аппаратам огневого действия следует отнести факельные установки для сжигания газовых выбросов. Недочеты в проектировании и устройстве факельных установок могут привести к тепловому воздействию факела пламени на расположенные вблизи здания, сооружения и аппараты с горючими газами и жидкостями, а также к загазованию территории при внезапном потухании пламени. Следует отметить, что факелы общезаводские или общецеховые менее опасны, чем факелы, расположенные непосредственно на аппаратах, так как имеют большую высоту вертикального ствола и размещены на значительном расстоянии (60...100 м и более) от взрыво- и пожароопасных зданий и сооружений.

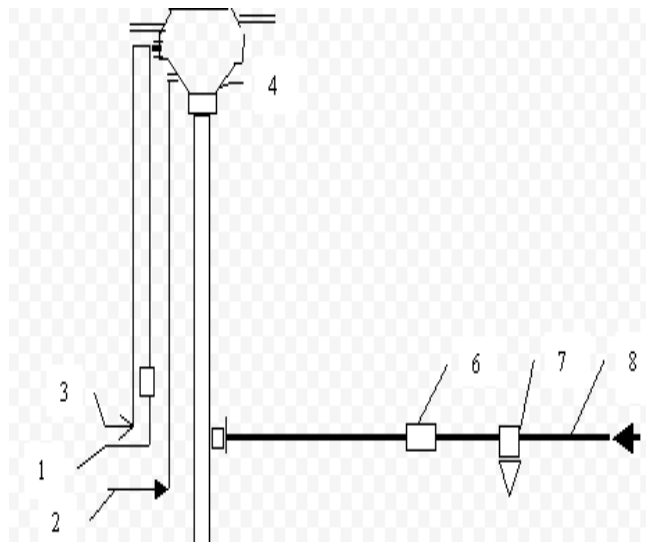


Рисунок 7.3. Факел для сжигания газов:

1 - линия подачи водяного пара; 2 - линия поджигания дежурной горелки; 3 - линия подачи газа к дежурной горелке; 4 - горелка; 5 - ствол факела; 6 - огнепреградитель; 7 - сепаратор; 8 - линия, подводящая газ на сжигание

Факельная установка (рисунок 7.3) состоит из системы подводящих трубопроводов, предохранительных устройств (огнепреградителей) и факельной горелки. Конструкция горелки должна обеспечивать непрерывность сжигания подаваемого газа путем устройства легко зажигаемого и защищенного от ветра «маяка» (постоянно горящей горелки). Поджигание газовой смеси в дежурной горелке производят с помощью так называемого бегущего пламени (предварительно подготовленная горючая смесь воспламеняется электрозапалом, и пламя, перемещаясь вверх, поджигает газ горелки). Чтобы уменьшить образование дыма и искр, к факельной горелке подводят водяной пар.

Следует отметить, что побочные продукты и отходы производства выгоднее не сжигать на факельных установках, а утилизировать.

3. Тепловое проявление механической энергии

В производственных условиях пожароопасное повышение температуры тел в результате превращения механической энергии в тепловую наблюдается при ударах твердых тел (с образованием или без образования искр); при поверхностном трении тел во время их взаимного перемещения; при механической обработке твердых материалов режущими инструментами, а также при сжатии газов и прессовании пластмасс. Степень разогрева тел и возможность появления при этом источников зажигания зависит от условий перехода механической энергии в тепловую.

Искры, образующиеся при ударах твердых тел. При достаточно сильном соударении некоторых твердых тел высекаются искры (искры удара и трения). Искра в этом случае представляет собой раскаленную до свечения частицу металла или камня. Размеры искр удара и трения зависят от свойств материалов и энергетических характеристик удара, но обычно не превышают

0,1...0,5 мм. Температура искры, кроме того, зависит от процесса взаимодействия (химического и теплового) частицы металла с окружающей средой. Так, при ударе и истирании металлов в среде, не содержащей кислорода или другого окислителя, видимых искр не образуется. Дополнительный разогрев металлических искр удара при полете в окружающей среде происходит обычно в результате окисления их кислородом воздуха. Температура искр нелегированной малоуглеродистой стали может достигать температуры плавления металла (около 1550°C). Она будет возрастать с увеличением в стали содержания углерода, уменьшаться с увеличением легирующих добавок. Согласно графикам, температура искры возрастает линейно с увеличением нагрузки, и более высокую температуру имеют искры, образующиеся при ударе стали о корунд, чем при ударе стали о сталь.

В производственных условиях от искр удара воспламеняются ацетилен, этилен, водород, окись углерода, сероуглерод. Искры удара (в определенных условиях) способны воспламенить метано-воздушные смеси. Поджигающая способность искр удара пропорциональна содержанию кислорода в смеси, которую эти искры могут поджечь. Это и понятно: чем больше в смеси кислорода, тем интенсивнее искра горит, тем выше горючесть смеси.

Воспламеняющая способность искр удара устанавливается экспериментально - в зависимости от энергии удара.

Летящая искра непосредственно не воспламеняет пылевоздушные смеси, но, попав на осевшую пыль или на волокнистые материалы, вызывает появление очагов тления. Этим, видимо, объясняется большое количество вспышек и загораний от механических искр в машинах, где имеются волокнистые материалы или отложения мелкой горючей пыли. Так, в размольных цехах мельниц и крупозаводов, в сортировочно-разрыхлительных и угарных цехах текстильных фабрик, а также на хлопкоочистительных заводах более 50% всех загораний и пожаров возникает от искр, высекаемых при ударах твердых тел.

Образуются искры при ударах алюминиевых тел о стальную окисленную поверхность. В этом случае между разогретой алюминиевой частицей и окислами железа происходит химическое взаимодействие с выделением значительного количества тепла:



За счет тепла этой реакции увеличиваются теплосодержание и температура искры.

Искры, образующиеся при работе ударными инструментами (молотками, зубилами, ломami и т. п.), часто вызывают пожаро-взрывоопасные ситуации. Известны случаи вспышек и взрывов в насосных и компрессорных станциях, а также в производственных помещениях при падении инструмента, ударах ключей в момент подтягивания гаек. Поэтому при производстве работ в местах, где возможно образование взрывоопасной смеси паров или газов с воздухом, не следует использовать ударные инструменты из искрообразующих материалов.

Искробезопасными считают инструменты, выполненные из бронзы, фосфористой бронзы, латуни, бериллия, алюминиевого сплава АКМ-5-2, дюралей с ограниченным (до 1,2... 1,8%) содержанием, магния (сплав Д-16 и др.) и даже инструменты из высоколегированных сталей. Использование омедненного инструмента не достигает цели, ибо мягкий слой меди быстро истирается. При пользовании стальными инструментами следует оберегать их от падения и по возможности заменять ударные операции) безударными (например, рубку металла зубилом заменить распиловкой и т.п.), а для рассеивания горючих паров или газов у мест производства работ применять передвижные вентиляционные агрегаты.

Искры, образующиеся при попадании в машины металла или камней. В аппараты с мешалками для растворения или химической обработки твердых веществ в растворителях (например, целлулоидной массы в спирте, ацетилцеллюлозы в ацетоне, каучука в бензине, нитроклетчатки в спирто-эфирной смеси и т.п.), в машины ударно-центробежного действия для измельчения, разрыхления и смешивания твердых горючих веществ (молотковые и ударно-дисковые мельницы, дробилки кормов, хлопкоочистительные и трепальные машины и т. п.), в аппараты-смесители для перемешивания и составления порошковых композиций, в аппараты центробежного действия для перемещения газов и паров (вентиляторы, газодувки, центробежные компрессоры) могут попасть вместе с обрабатываемыми продуктами куски металла или камни, в результате чего образуются искры. Поэтому обрабатываемые продукты следует просеивать, провеивать, промывать либо использовать магнитные, гравитационные или инерционные улавливатели.

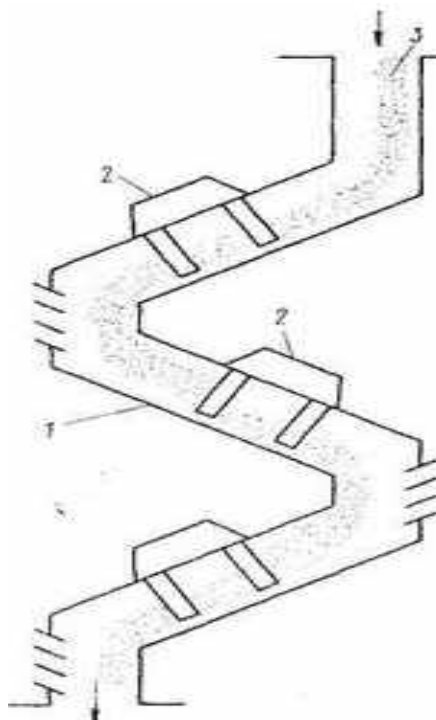


Рисунок 7.4. Магнитный сепаратор с постоянными магнитами:
1 - корпус; 2 - постоянные магниты; 3 - сыпучий материал

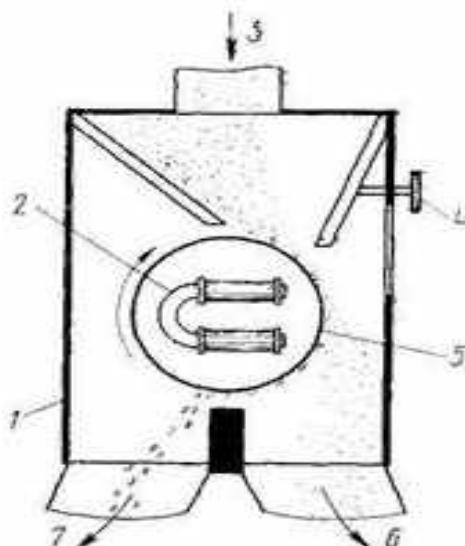


Рисунок 7.5. Электромагнитный сепаратор с вращающимся барабаном:

- 1 - корпус; 2 - неподвижный электромагнит; 3 - поток продукта;
4 - регулировочный винт; 5 - вращающийся барабан из немагнитного материала;
6 - труба для очищенного продукта; 7 - труба для уловленных примесей

Металлические примеси в сыпучих и волокнистых материалах улавливают также магнитными уловителями (сепараторами). На рисунке 7.4. изображен магнитный уловитель, наиболее широко применяемый в мукомольном и крупяном производстве, а также на комбикормовых заводах. На рисунке 7.5. показан разрез электромагнитного сепаратора с вращающимся барабаном.

Следует отметить, что эффективность работы уловителей зависит от их расположения, скорости движения, равномерности и толщины слоя продукта, характера примесей. Устанавливают их, как правило, в начале технологической линии, перед машинами ударного действия.

Сепараторы обычно предохраняют машины и от механических повреждений. Их установка диктуется также санитарно-гигиеническими требованиями.

Если есть опасность попадания в машину твердых немагнитных примесей, осуществляют, во-первых, тщательную сортировку сырья, во-вторых, внутреннюю поверхность машин, о которую эти примеси могут удариться, футеруют мягким металлом, резиной или пластмассой.

4. Тепловое проявление химических реакций

Химические реакции, протекающие с выделением значительного количества тепла, таят потенциальную опасность возникновения пожара или взрыва, так как возможен неконтролируемый разогрев реагирующих, вновь образующихся или рядом находящихся горючих веществ. В условиях производства и хранения химических веществ встречается большое количество таких соединений, контакт которых с воздухом или водой, а также взаимный контакт веществ друг с другом может быть причиной возникновения пожара.

Вещества, самовоспламеняющиеся и самовозгорающиеся при соприкосновении с воздухом. Нередко по условиям технологии находящиеся в аппаратах вещества могут быть нагреты до температуры, превышающей температуру их самовоспламенения. Так, пиролизный газ при получении этилена из нефтепродуктов имеет температуру самовоспламенения в пределах 530...550°C, а выходит из печей пиролиза с температурой 850°C. Мазут с температурой самовоспламенения 380...420°C на установках термического крекинга нагревается до 500°C; бутан и бутилен, имеющие температуру самовоспламенения соответственно 420 и 439°C, при получении бутадиена нагреваются до 550...650°C и т. д. Естественно, что при появлении неплотностей в аппаратах и трубопроводах и соприкосновении с воздухом выходящего наружу продукта, нагретого выше температуры самовоспламенения, происходит его загорание. В некоторых случаях используемые в технологии вещества имеют очень низкую температуру самовоспламенения, даже ниже температуры окружающей среды. Так, триэтилалюминий имеет температуру самовоспламенения минус 68°C, диэтилалюминийхлорид - минус 60°C, триизобутилалюминий - минус 40°C, фосфористый водород, жидкий и белый фосфор имеют температуру самовоспламенения ниже комнатной температуры. Загорания подобных веществ можно избежать только путем обеспечения хорошей герметичности аппаратов с исключением взаимоконтакта этих веществ с воздухом или использованием их в растворе.

Многие вещества, соприкасаясь с воздухом, способны к самовозгоранию. Самовозгорание начинается при температуре окружающей среды или после некоторого предварительного (иногда незначительного) их подогрева. Причины и условия самовозгорания жидких и твердых веществ подробно рассмотрены в литературе. К таким веществам следует отнести растительные масла и животные жиры, каменный и древесный уголь, сернистые соединения железа, некоторые сорта сажи, порошкообразные вещества (алюминий, цинк, титан, магний, торф, отходы нитроглифталевых лаков), олифу, скипидар, лакоткани, клеенку, гранитоль, сено, силос и т. п.

Контакт самовозгорающихся химических веществ с воздухом происходит обычно при повреждении тары, разливе жидкости, расфасовке веществ, при сушке, открытом хранении твердых измельченных, а также волокнистых, листовых и рулонных материалов, при вскрытии аппаратов для осмотра и ремонта, при откачке жидкостей из резервуаров, когда внутри резервуаров имеются самовозгорающиеся отложения.

Наиболее специфичными для производственной аппаратуры являются случаи самовозгорания отложений сернистых соединений железа и термополимеров. Сернистые соединения железа образуются в результате химического взаимодействия сероводорода или свободной серы со стенками стальных аппаратов. Этот процесс протекает чаще всего при переработке и хранении сернистой нефти и нефтепродуктов, хранении, очистке и переработке

природного и попутного нефтяного газа, а также отходящих газов нефтепереработки, получении и очистке генераторных газов, водорода, коксового газа и т.д.

Наиболее активным по склонности к самовозгоранию является закисный сульфид железа. Окисление сернистых соединений железа начинается с подсыхания поверхности и соприкосновения ее с кислородом воздуха. При этом температура постепенно повышается, появляется голубой дымок, а затем небольшие язычки пламени. В результате отложения разогреваются иногда до 600...700°C. Избежать самовозгорания сернистого железа можно путем химической очистки от сероводорода поступающих на обработку веществ, а также постепенным окислением образовавшихся в аппаратах самовозгорающихся отложений. Замедляют процесс окисления самовозгорающихся соединений путем добавки небольшого количества воздуха (до 0,5%) к водяному пару, подаваемому на продувку аппаратов, либо путем заполнения аппарата водой и постепенного снижения ее уровня. Очистку стенок аппаратов следует вести при постоянном смачивании их водой, а получающиеся зачистки сразу же удалять и подвергать уничтожению.

Образование термополимеров предупреждают введением ингибиторов, устранением в технологической линии застойных участков и тупиков. Образовавшиеся термополимеры удаляют с поверхности аппаратов с такими же мерами предосторожности, с какими удаляют сернистые соединения железа.

Самовозгорающиеся вещества следует хранить изолированно от других огнеопасных веществ, препятствуя их соприкосновению с воздухом, вводить ингибиторы, тормозящие процесс окисления.

Воспламенение химических веществ при взаимодействии - явление, часто наблюдающееся в производстве. Чаще всего такие случаи происходят при действии окислителей на органические вещества. В качестве окислителей выступают хлор, бром, фтор, окислы азота, азотная кислота, перекиси натрия, бария и водорода, хромовый ангидрид, двуокись свинца, хлорная известь, жидкий кислород, селитры (нитраты аммония, щелочных и щелочноземельных металлов), хлораты (соли хлорноватой кислоты, например бертолетова соль), перхлораты (соли хлорной кислоты, например хлорнокислый натрий), перманганаты (соли марганцевой кислоты, например марганцовокислый калий), соли хромовой кислоты и др.

Окислители, соприкасаясь или смешиваясь с органическими веществами, вызывают их воспламенение. Некоторые окислители (селитры, хлораты, перхлораты, перманганаты, соли хромовой кислоты) образуют смеси с органическими веществами, взрывающиеся от незначительного механического или теплового воздействия.

5. Тепловое проявление электрической энергии

При несоответствии электрооборудования (электродвигателей, сетей, преобразователей, пускорегулирующих приборов и т.п.) характеру технологической среды, а также в случае несоблюдения правил эксплуатации

этого электрооборудования может возникнуть пожаровзрывоопасная ситуация на производстве. Пожаровзрывоопасные ситуации возникают в технологических процессах производств при коротких замыканиях, при пробоях слоя изоляции, при чрезмерном перегреве электродвигателей, при повреждениях отдельных участков электрических сетей, при искровых разрядах статического и атмосферного электричества и т.п.

При коротком замыкании образуются электрическая дуга, искры и выделяется большое количество тепла, что приводит обычно к воспламенению изоляции, расплавлению проводников или деталей электрических машин с разбрызгиванием частичек расплавленного металла.

Переходные сопротивления возникают чаще всего в местах, где провода и кабели некачественно присоединяются к машинам и аппаратам или токопроводящие жилы соединяются друг с другом холодной скруткой, а также в местах плохого контакта. В местах переходных сопротивлений выделяется значительное количество тепла. От нагрева мест переходных сопротивлений могут загореться электроизоляция, а также рядом находящиеся горючие вещества.

Отсутствие, неисправность или неправильная эксплуатация систем молниезащиты в зонах активного проявления грозовой деятельности могут вызвать поражение зданий, сооружений, технологических установок прямыми ударами молнии, особенно при наличии массивных высоких металлических конструкций или аппаратов со стравливающими линиями и воздушками.

В некоторых случаях воспламенение горючих веществ происходит в результате индукционного и диэлектрического нагрева. Так, при воздействии переменных магнитных полей происходит нагрев до высокой температуры металлических частичек, оказавшихся, например, в древесине при сушке ее токами высокой частоты. Кроме того, могут быть местные перегревы диэлектриков, попавших под воздействие переменного электрического тока (например, наличие сильно сучковатых смолистых досок при сушке древесины токами высокой частоты).

Контрольные вопросы:

- 1. Чем может явиться источник зажигания?*
- 2. В каких местах располагают аппараты огневого действия?*
- 3. Меры пожарной профилактики при тепловом проявлении механической энергии.*
- 4. Чем характеризуется воспламенение химических веществ при взаимоконтакте?*
- 5. К чему может привести отсутствие, неисправность или неправильная эксплуатация систем молниезащиты?*

Тема 8. Ограничение количества горючих веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе.

Учебные вопросы:

- 1. Выбор технологической схемы производства.**
- 2. Режим эксплуатации технологического процесса производства.**
- 3. Уменьшение количества горючих отходов производства.**
- 4. Замена горючих веществ, обращающихся в производстве, негорючими.**

1. Выбор технологической схемы производства

Уменьшение количества горючих веществ и материалов, одновременно обращающихся в технологическом процессе, не только создает условия для ограничения возможности распространения пожара, но и снижает вероятность его возникновения.

Задача уменьшения количества горючих веществ и материалов, обращающихся в производстве, решается на всех стадиях проектирования промышленного объекта и во многом зависит от выбора технологической схемы производства.

Естественно, технологическая схема производства должна не только преследовать пожаровзрывобезопасные цели, но и быть экономически выгодной.

При всех прочих равных условиях выбирают такую технологическую схему производства, при которой используется менее пожаровзрывоопасное сырье, обеспечивается меньший расход сырья и других пожаровзрывоопасных веществ на единицу получаемой продукции, а сам технологический процесс состоит из меньшего числа производственных операций и при этом уменьшается количество образующихся побочных горючих продуктов и отходов. Оценку вариантов пожаровзрывоопасности какого-либо технологического процесса делают путем сравнения количества горючих веществ, приходящихся на единицу выпускаемой продукции.

Существуют некоторые общие условия, уменьшающие пожаровзрывоопасность технологической схемы производства. Так, вместо периодически действующих аппаратов и процессов целесообразно применять непрерывно действующие аппараты и процессы, так как при одной и той же производительности в непрерывно действующих аппаратах содержится меньшее количество горючих веществ и сами аппараты занимают меньшую площадь.

Большие возможности с точки зрения повышения пожарной безопасности производства (уменьшения количества горючих веществ) имеют проектные и научно-исследовательские организации на стадии разработки технологической схемы. На основании технологических расчетов определяют размеры и количество аппаратов так, чтобы не было необоснованного увеличения количества находящихся в них горючих веществ.

Технологическая схема, как правило, должна исключать напорные баки, промежуточные емкости, мерники, рефлюксные емкости и тому подобные

аппараты. Вместо них следует использовать автоматические регуляторы давления и расхода, мерники-дозаторы непрерывного действия, автоматические питатели и т.п.

При наличии технической возможности следует заменять в технологическом процессе легковоспламеняющиеся поглотители и растворители, катализаторы и инициаторы, а также теплоносители и хладагенты менее пожароопасными или негорючими веществами. Например, вместо пропана, аммиака, изопентана и других легковоспламеняющихся веществ, используемых для охлаждения аппаратов, целесообразно применять негорючие фреоны и рассолы.

На установках каталитического риформинга для получения высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов использовался растворитель ЛТИ, представляющий смесь динитротолуола и тринитротолуола (весьма пожаровзрывоопасные вещества). Замена этого взрывоопасного растворителя на диэтиленгликоль резко снизила взрывопожарную опасность данного технологического процесса.

Выбирая ту или иную технологическую схему производства, следует учесть, что уменьшению пожаровзрывоопасности способствует размещение технологического оборудования на открытых площадках и этажерках во всех случаях, когда это возможно по климатическим условиям и по условиям эксплуатации.

Размещая технологические аппараты как в зданиях, так и на открытых площадках, следует учитывать, что производственные коммуникации (связи между аппаратами) должны быть как можно проще, иметь небольшую длину и небольшое количество встречных потоков. Рациональное размещение производственных аппаратов и трубопроводов снижает количество горючих веществ, в них обращающихся.

Одним из направлений, используемых для ограничения масштабов возможного пожара, является ограничение производственных площадей зданий и открытых установок. Так, строительные нормы и правила устанавливают предельно допустимую площадь этажа между противопожарными стенами одноэтажных и многоэтажных зданий в зависимости от категории производств (по пожарной опасности), количества этажей и огнестойкости здания. Площадь отдельно стоящих открытых установок также ограничивается в зависимости от максимальной высоты оборудования или этажерки и вида обрабатываемого продукта. Склады для хранения горючих материалов разделяют противопожарными стенами на отсеки, позволяющие в случае возникновения пожара ликвидировать его с минимальным ущербом.

При хранении на одном складе различных материалов и изделий разделение на отсеки производят исходя из признаков однородности применяемых гасящих средств и допустимости совместного их хранения.

Следует иметь в виду, что предельно допустимые площади производственных зданий, складов и открытых установок велики и на них

может быть сосредоточено много ценных горючих веществ и материалов. Поэтому нельзя упускать из виду необходимость изоляции пожаровзрывоопасных участков от менее опасных даже в пределах допустимых нормами производственных площадей. Так, аппараты и оборудование, в процессе эксплуатации которых может быть выделено большое количество горючих газов, паров или пыли, а также реакторы с особо опасными веществами либо реакторы, работающие под очень высоким давлением, размещают, как правило, в обособленных помещениях. Изолируют друг от друга участки производства, относящиеся по пожарной опасности к различным категориям.

Наружные установки рекомендуется размещать со стороны глухой стены здания цеха или в торцевой его части, чтобы затруднить переход огня при пожаре. Некоторые аппараты со сжиженными горючими газами, огнеопасными жидкостями (объемом до 10 м³), а также отдельные аппараты с горючими газами, вынесенные из помещения цеха, но связанные с цеховым оборудованием, размещают в торцах или со стороны глухой стены здания. Оборудование с пожаровзрывоопасными веществами нельзя располагать над вспомогательными помещениями и под ними.

Многие производственные процессы требуют наличия небольших цеховых складов. В этом случае, исходя из потребностей и требований пожарной безопасности, устанавливают предельную емкость складов и изолируют их от технологического процесса.

2. Режим эксплуатации технологического процесса производства

Под режимом эксплуатации технологического процесса производства следует понимать условия, при которых этот технологический процесс менее всего пожаровзрывоопасен. Для соблюдения этого условия необходимо, чтобы у аппаратов, у рабочих мест было определенное количество сырья и полуфабрикатов. Их скопление всегда чревато пожаровзрывоопасностью. Чтобы знать, какое количество сырья и полуфабрикатов может скапливаться у аппаратов и рабочих мест, нужно уметь рассчитать допустимую норму единовременной загрузки рабочих помещений.

Существует ряд ограничений, регламентирующих режим эксплуатации той или иной технологической схемы производства. Так, есть ограничение на количество изделий, одновременно находящихся в производстве. Это в основном относится к технологическим линиям, связанным с производством крупногабаритных изделий - самолетов, вагонов, машин и т.п.

Есть ограничения на количество горючих материалов (твердых и жидких) исходя из занимаемой ими площади. Соответствующие производственные инструкции устанавливают: в данном цехе у аппаратов может находиться такое-то количество сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Они не должны загромождать проходы и подступы к производственному оборудованию, средствам пожаротушения, эвакуационным выходам. С учетом этих условий места возможного размещения горючих веществ (площадки)

выделяют нанесением на полу резко заметных линий. Ширину проходов и подступов, которые всегда должны быть свободными, принимают исходя из соответствующих нормативных актов.

Существуют ограничения на количество горючих материалов (твердых и жидких) в зависимости от занимаемой ими емкости либо их массы. Соответствующими нормативными актами регламентируется, какой объем тех или иных горючих веществ может находиться непосредственно в цехе либо храниться на складе.

Исходя из условий технологического процесса в соответствующих инструкциях по тому или иному производству, указываются нормы потребления горючего вещества в сутки, за смену и даже полусмену. Соблюдение этих норм является неременным условием, способствующим предотвращению пожаров и взрывов на производстве. Так, в цехе окраски изделий запас растворителей (в отделении промывки) не должен превышать полусменной потребности, а при небольшом расходе - сменной потребности. На производстве, связанном с целлулоидом, запас ЛВЖ и целлулоида не должен превышать полусменной потребности.

3. Уменьшение количества горючих отходов производства

Процессы обработки древесины, пластмасс, хлопка, льна, процессы измельчения и размолта твердых веществ, очистки злаков сопровождаются образованием отходов в виде обрезков, стружки, опилок, крошки, пыли. У рабочих мест, а также на территории таких объектов скапливается значительное количество горючих отходов; производственное оборудование, строительные конструкции покрываются слоем горючей пыли.

Уменьшение количества горючих отходов производства - очень важная технологическая проблема, которая решается различными путями. Один из самых простых и непреложных путей - регулярная уборка рабочих мест, очистка всего помещения цеха (склада). Другие пути - рациональная обработка твердых горючих материалов, улавливание горючих отходов прямо у места их выхода, замена одних технологических процессов другими: строгание, резание, долбление, фрезерование, шлифовка и т. п. заменяются прессованием, литьем, выдавливанием, гнущем, склеиванием и т. п.

Но если в технологическом процессе невозможно избежать образования горючих отходов, их необходимо своевременно улавливать и удалять. Уборка отходов может быть периодической и непрерывной, ручной и механизированной. Наиболее эффективной является механизированная уборка и в частности - централизованная система аспирации. Местные отсосы аспирационных систем располагают как можно ближе к местам образования отходов. Однако аспирационная система может быть сама источником возникновения и развития пожара. Особенно опасны скопления пыли и измельченных материалов как внутри аспирационной системы, так и в зоне ее прокладки. Поэтому аспирационные трубопроводы нельзя располагать в подвалах под производственными помещениями.

Улавливание горючих отходов хорошо налажено в том случае, когда предприятие экономически заинтересовано в этом, то есть когда отходы производства подвергаются утилизации: используются в качестве топлива, химического сырья, для изготовления строительных материалов и т.п. В целях удобства транспортировки отходов на другие предприятия их обычно подвергают прессованию. Так, на заводах по изготовлению различных изделий из органического стекла пожароопасные отходы скапливаются обычно в виде стружки и пыли. Брикетирование и последующая утилизация отходов помогают ликвидировать захламленность, дают возможность снизить себестоимость продукции.

Гидролизные заводы и заводы сухой перегонки древесины используют древесные отходы для изготовления древесно-волокнистых плит, а также как топливо.

4. Замена горючих веществ, обращающихся в производстве, негорючими

Распространение пожара может быть ограничено заменой обращающихся в производстве горючих веществ негорючими. Эта работа идет в основном в следующих направлениях. При проектной разработке того или иного производства проектанты должны включать в технологический процесс менее опасные в пожарном отношении вещества, а наиболее пожаровзрывоопасные - целлулоидные, нитроцеллюлозные и т. п. материалы - вообще не использовать; заменять ЛВЖ пожаробезопасными моющими средствами; использовать пожаробезопасные лаки, краски, смолы, огнезащищенные пластмассы.

Так, всем известно, что для производства игрушек и бытовых изделий теперь вместо целлулоида используют пластмассы, причем в пластмассы добавляют соответствующие химические добавки и они становятся трудновоспламеняемыми и даже трудногорючими.

Промышленность освоила производство водорастворимых лаков, красок и пропиточных составов вместо подобных материалов на основе летучих растворителей (например, водорастворимый бакелитовый лак, вододисперсионные пропиточные масляно-слюдавые лаки и т. п.). Водорастворимые смолы применяют при изготовлении гетинакса, текстолита, волокнита, изоляционной бумаги и других материалов. Предприятия и стройки вместо красок на олифе (для окраски внутренних поверхностей) используют вододисперсионные или водорастворимые краски. Для склеивания волокнистых материалов, прорезинивания и изготовления искусственных кож вместо резинового клея (раствора каучука в бензине) используют латекс, который представляет собой негорючую полидисперсную суспензию каучука в воде.

На промышленных и сельскохозяйственных предприятиях для очистки и обезжиривания деталей машин используют пожаробезопасные технические моющие средства, а на некоторых предприятиях очистку производят с помощью ультразвука. Так, с внедрением ультразвуковых установок количество используемого бензина в цехах часовых заводов сократилось. Культура и производительность труда повысились.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом происходит выбор технологической схемы производства?
2. Какие существуют ограничения, регламентирующие режим эксплуатации той или иной технологической схемы производства?
3. Что такое режим эксплуатации технологического процесса производства?
4. В каких случаях необходима замена горючих веществ, обращающихся в производстве, негорючими?

Тема 9. Огнезадерживающие устройства на производственных коммуникациях.

Учебные вопросы:

1. **Сухие огнепреградители.**
2. **Расчет огнепреградителя по методу Я. Б. Зельдовича.**
3. **Жидкостные огнепреградители (гидрозатворы).**

По производственным коммуникациям пожар и взрыв распространяются в тех случаях, если внутри трубопроводов, воздухопроводов, траншей, туннелей или лотков образовалась горючая среда, когда трубопроводы с этой горючей средой работают неполным сечением, если в системе заводской канализации на поверхности воды имеется слой горючей жидкости, когда имеются горючие отложения на поверхности труб, каналов и воздухопроводов, если в системе находятся газы, газовые смеси или жидкости, способные разлагаться с воспламенением под воздействием высокой температуры или давления. Огонь в таких случаях может распространиться по транспортерам, элеваторам и другим транспортным устройствам, а также через незаделанные проемы в стенах и перекрытиях.

Чтобы предотвратить распространение огня по производственным коммуникациям применяют сухие огнепреградители, огнепреградители в виде гидравлических затворов, затворы из твердых измельченных материалов, автоматические задвижки и заслонки, водяные завесы, перемычки, засыпки и т.п.

1. Сухие огнепреградители

Сухие огнепреградители - защитные устройства на трубопроводах, которые свободно пропускают поток газов через твердую огнезащитную насадку, но задерживают (гасят) пламя. Их защитное действие основано на явлении гашения пламени в узких каналах.

Эффект гашения пламени в узких каналах известен с 1815 г., когда его открыл Гемфри Дэви - изобретатель безопасной рудничной лампы. Дэви установил, что пламя метано-воздушной смеси не проходит через трубку диаметром 3,63 мм и что металлическая трубка более эффективна, чем стеклянная. Позже (в 1883 г.) французские ученые Миллер и Ле Шателье установили независимость процесса гашения от материала огнепреградителя.

Уменьшение размера (диаметра) канала, в котором происходит горение газовой смеси, ведет к увеличению удельных теплотерь в сравнении с

тепловыделениями, приходящимися на объем горячей смеси, понижению температуры горения в зоне реакции, снижению скорости реакции и уменьшению скорости распространения пламени. Когда потери тепла из зоны горения достигают определенной критической величины, температура горения и скорость реакции настолько уменьшаются, что дальнейшее распространение горения смеси в узком канале становится невозможным. Именно такие условия и создаются в огнепреградителе.

Огнепреградители могут быть в виде сеток или насадок (рисунок 9.1). Насадки из гранулированных тел (шариков, колец, гравия и т. п.) или волокон (стеклянной ваты, асбестовых волокон и т.п.) образуют каналы криволинейной формы. Насадки в виде пластин из гофрированной фольги, спирально свернутых лент и т.п. образуют каналы треугольной, прямоугольной или другой формы сечения. Насадки в виде пластин из металлокерамики и металловолокна имеют капиллярные каналы.

Диаметр канала насадки или отверстия сетки огнепреградителя, при котором тепловыделение от горячей смеси будет равно теплопотере, называют критическим диаметром $d_{кр}$. Защита от распространения пламени достигается в канале, диаметр которого меньше критического. Этот размер (диаметр) канала называют гасящим d . Расчет огнепреградителя и заключается в определении критического и затем гасящего размера канала. Соотношение между критическим и гасящим размерами, а также конструктивные особенности огнепреградителя выбирают с учетом соответствующих экспериментальных данных.

Известны различные принципы и методы расчета огнепреградителей, основанные на различных предположениях о механизме теплопотерь из зоны пламени и гашения пламени.

Метод Я.Б.Зельдовича в отечественной практике является общепринятым, но не распространяется на особые условия горения, когда не происходит теплоотвода в нагретые стенки канала.

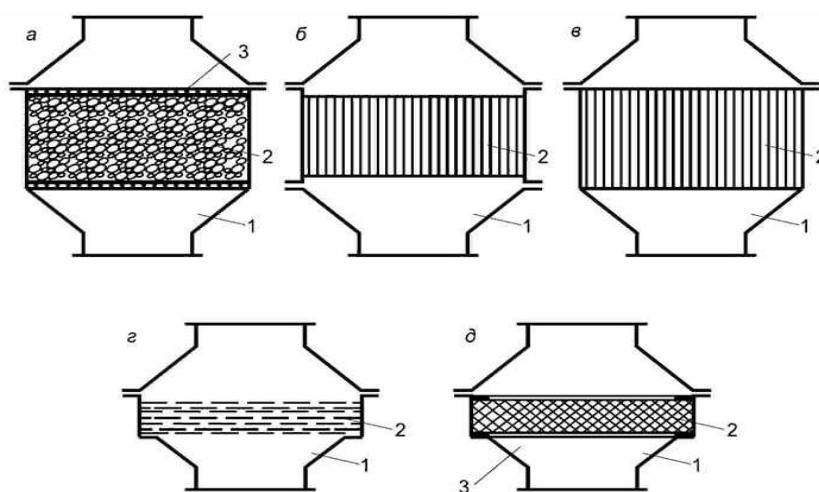


Рисунок 9.1. Схемы огнепреградителей:

а - насадочный; б – кассетный; в – пластинчатый; г – сетчатый; д – металлокерамический.

2. Расчет огнепреградителя по методу Я. Б. Зельдовича

В теоретических работах Я.Б.Зельдовича показано, что на пределе распространения пламени в трубках малого диаметра достигается постоянство числа Пекле. Последующими экспериментальными исследованиями установлено, что на пределе гашения: пламени величина числа Пекле колеблется в пределах 60...80 и примерно одинакова для всех горючих смесей и огнегасящих насадок в широком диапазоне изменения условий опыта. По этой закономерности легко найти величину критического диаметра огнепреградителя.

Число Пекле применительно к данному условию выражается как:

$$Pe_{кр} = \frac{v_n d_{кр}}{a}, \quad (9.1)$$

где $Pe_{кр}$ - число Пекле, на пределе гашения пламени равное 65;

a - коэффициент температуропроводности; v_n - нормальная скорость распространения пламени.

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}, \quad (9.2)$$

где λ - коэффициент теплопроводности горючей смеси; c_p - теплоемкость горючей смеси; ρ - плотность горючей смеси.

Согласно уравнению газового состояния $pV = GRT$,

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{p}{RT}, \quad (9.3)$$

Подставляя (9.2) и (9.3) в (9.1) и решая уравнение относительно критического диаметра канала, получим:

$$d_{кр} = \frac{Pe_{кр} \lambda R T}{v_n c_p p}, \quad (9.4)$$

В соответствии с экспериментальными данными действительный диаметр канала огнегасящей насадки огнепреградителя должен быть взят с учетом двойного коэффициента запаса надежности, то есть:

$$d = 0,5 d_{кр}. \quad (9.5)$$

Если насадка огнепреградителя состоит из гранулированных тел: (зерен гравия, стеклянных или фарфоровых шариков, колец), приходится от вычисленного размера канала переходить к размеру гранулы. Диаметр каналов (пор), образующихся в слое насадки из одинаковых по размеру гранул, по форме близких к шарообразным частицам, принимают равным 0,25...0,36 величины диаметра шарика, откуда:

$$d_{zp} = (4 \dots 3)d, \quad (9.6)$$

где d_{zp} - диаметр гранулы.

Сухими огнепреградителями чаще всего защищают газовые и паровоздушные линии, в которых по условиям технологии или при нарушении нормального режима работы могут образоваться горючие концентрации (дыхательные линии резервуаров, мерников, промежуточных емкостей, напорных баков и подобных им аппаратов с ЛВЖ, а также с горючими жидкостями, нагретыми до температуры вспышки и выше; стравливающие линии и продувочные свечи на аппаратах с газами и ЛВЖ; паровоздушные линии рекуперационных установок; линии, идущие от аппаратов и емкостей на факел; линии газовой обвязки резервуаров с ЛВЖ и т.п.). Сухими огнепреградителями защищают также линии с наличием веществ, способных разлагаться под воздействием давления, температуры или других факторов.

3. Жидкостные огнепреградители (гидрозатворы)

Жидкостным огнепреградителям (типа гидравлического затвора) называют такое защитное устройство, гашение пламени в котором происходит в процессе барботаж газовой смеси через слой жидкости.

Гидравлический затвор, выполняющий роль огнепреградителя, должен надежно гасить, пламя и задерживать распространение взрывной волны, обеспечивая минимальный унос жидкости проходящими потоками пара или газа; иметь небольшое гидравлическое сопротивление.

Надежность гашения пламени в гидрозатворе обеспечивается наличием определенной высоты слоя жидкости, через которую проходит горящая смесь, и дроблением газового потока на мелкие струйки или отдельные пузырьки. При этом создаются условия для интенсивного охлаждения жидкостью продуктов реакции, в результате чего прекращается горение.

Рациональные формы гидравлических затворов и их основные размеры определяются опытным путем.

Принципиальная схема гидравлического предохранительного затвора на газовой линии низкого давления показана на рисунке 9.2. В корпус затвора заливают какую-либо жидкость (чаще всего воду) так, что конец одной из труб оказывается погруженным в нее. Газы или пары, двигаясь по трубе, свободно проходят через слой жидкости, не встречая большого сопротивления. Горящая смесь также проходит через слой жидкости; при этом она интенсивно охлаждается, пламя гаснет. Чем тоньше струи потока, тем лучше они перемешиваются с жидкостью и тем интенсивнее охлаждаются. Поэтому газовая труба имеет приспособление в виде прорезей или диска для рассеивания потока на мелкие струйки или пузырьки. Если пламя будет распространяться против газового потока, то через слой жидкости оно все равно прорваться не сможет.

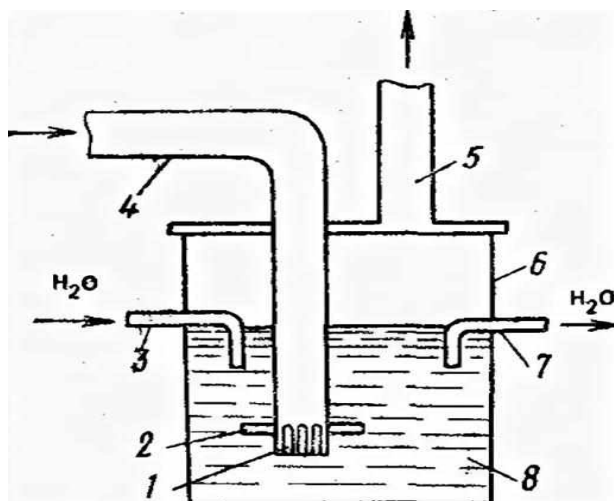


Рисунок 9.2. Схема гидрозатвора на газовой линии:

1 - корпус; 2 - вода; 3 - линия подачи воды; 4 - подводящая труба;
5 - отводящая труба; 6 - линия удаления избытка воды; 7 - диск; 8 - прорези

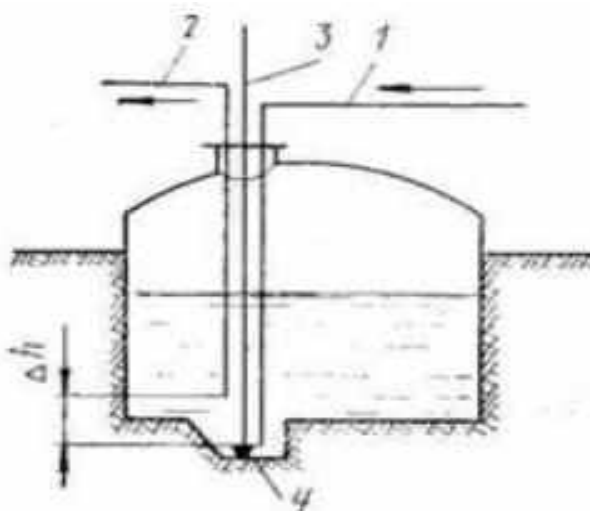


Рис. 9.3. Гидравлический затвор, образуемый наполнительной линией в резервуаре:

1 - наполнительная линия; 2 - расходная линия; 3 - зачистная линия; 4 - прямой;
 Δh - высота гидравлического затвора

Постоянный поток газа через гидравлический затвор приводит к потере жидкости за счет испарения и механического уноса частиц. В связи с этим принимают меры по поддержанию постоянного уровня жидкости в гидрозатворе.

Гидравлическими затворами защищают жидкостные и газовые линии, линии производственной канализации, лотки, сливные линии на железнодорожных и автомобильных сливо-наливных эстакадах ЛВЖ и ГЖ, трубопроводы аварийного слива жидкостей, переливные линии мерников и резервуаров, наполнительные и расходные линии резервуаров, газовые, ацетиленовые линии и др.

Если наполнительная и расходная трубы резервуара расположены так, как показано на рисунке 9.3, то конец наполнительной линии (после полной

откачки) будет заполнен жидкостью на высоту Δh , и пламя из дополнительной трубы в резервуар не пройдет даже после прекращения процесса заполнения.

На рисунке 9.4. показан гидравлический затвор в виде цилиндра небольшого размера. Расположение труб в цилиндре такое, что конец верхней трубы во всех случаях погружен в жидкость. Гидравлический затвор подобного типа может размещаться как внутри защищаемой емкости, так и вне ее.

На рисунке 9.5 показан гидравлический затвор в виде U-образного колена. Наличие постоянного слоя жидкости в колене препятствует распространению пламени при отсутствии жидкости в трубе. Для очистки от отложений в нижней точке колена имеется отверстие, закрытое пробкой.

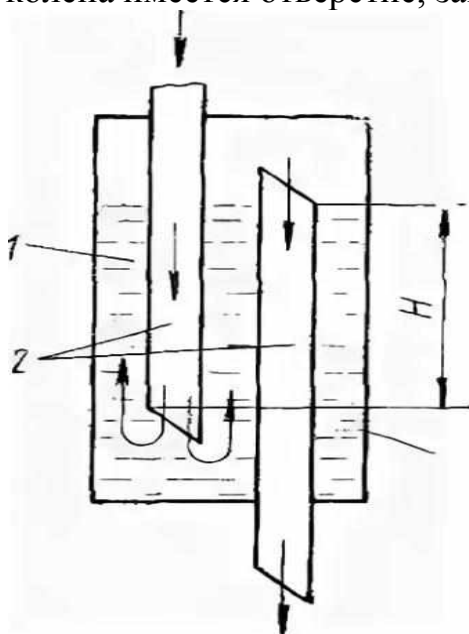


Рисунок 9.4. Гидравлический затвор в виде цилиндра с трубами:

1 - корпус, заполненный жидкостью; 2 - трубы; Н - высота гидравлического затвора

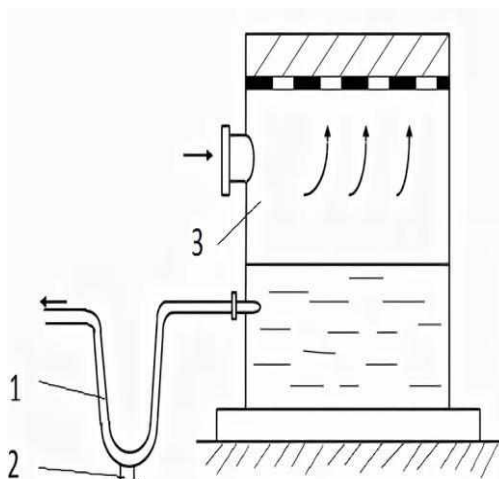


Рисунок 9.5. Гидравлический затвор в виде U-образного колена на линии:

1 - гидравлический затвор; 2 - пробка; 3 - аппарат

Высоту запирающего слоя жидкости устанавливают в зависимости от величины внутреннего давления в аппарате (емкости) к концу слива. Если давление в аппарате атмосферное, высота запирающего слоя 0,1...0,5 м.

Кроме указанных выше гидравлических затворов, могут использоваться приспособления, препятствующие опорожнению трубопровода от жидкости в нерабочие периоды. Такими приспособлениями в частности, являются обратные клапаны. На рисунке 9.6 показан подземный резервуар с бензином, на расходной трубе которого в специальной коробке смонтированы обратные клапаны, препятствующие опорожнению трубы после окончания очередного цикла выдачи бензина потребителю. Остальные линии хранилища защищены гравийными и сетчатыми огнепреградителями.

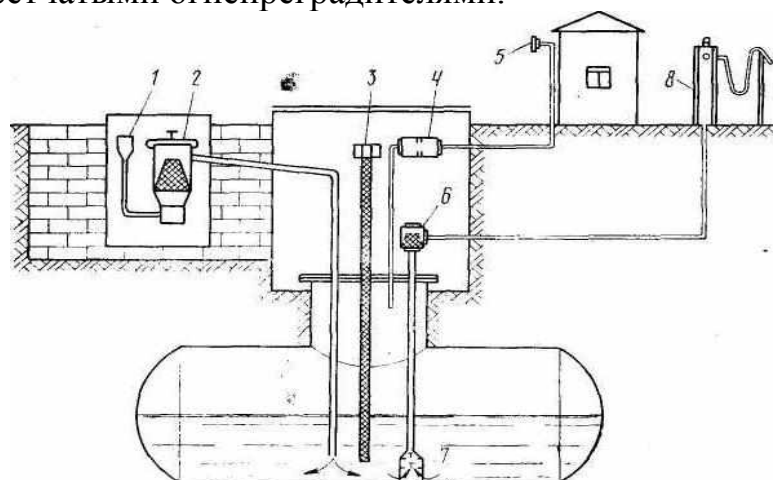


Рисунок 9.6. Подземное хранилище бензина с защитой линий огнепреградителями и обратными клапанами:

- 1 - сливная воронка; 2 - фильтр (огнепреградитель сетчатый); 3 - труба для измерения уровня с огнезащитной сеткой; 4, 5 - огнепреградители сетчатые на дыхательной линии; 6 - фильтр (огнепреградитель сетчатый) на расходной линии; 7 - обратные клапаны; 8 - раздаточная колонка

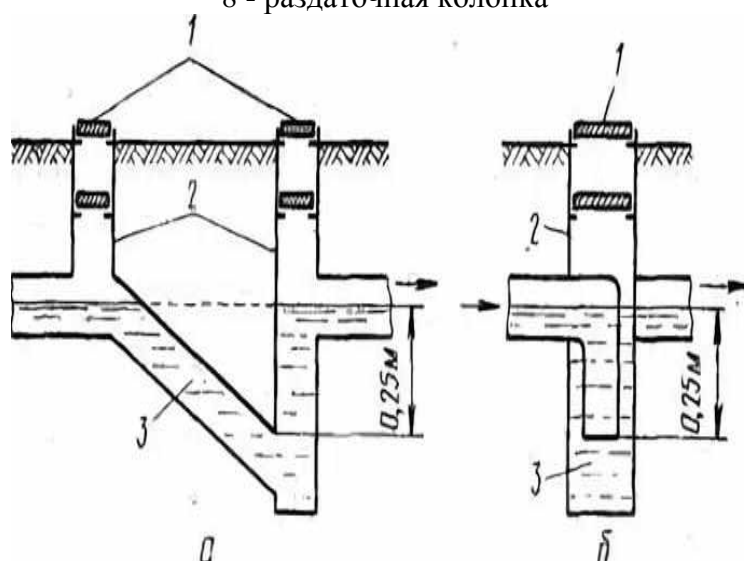


Рисунок 9.7. Гидрозатворы на производственной канализации нефтеперерабатывающих заводов:

- а - с двумя колодцами; б - с загнутой вниз трубой; 1 - крышки с песчаной засыпкой; 2 - колодцы; 3 - жидкость

В системах производственной канализации и лотках гидравлические затворы устанавливают в том случае, если в них возможно попадание огнеопасных жидкостей или газов (например, на заводах нефтегазоперерабатывающей и нефтехимической промышленности).

На рисунке 9.7 показаны варианты устройства гидравлических затворов в канализационных системах. Во всех случаях высоту запирающего слоя воды принимают не менее 0,25 м.

Гидравлические затворы в канализационных системах не являются ловушками горючих жидкостей. Их назначение - не допускать распространения пламени по канализационным трубам.

Для улавливания горючих жидкостей устраивают специальные отстойники или нефтеловушки. Их также защищают гидравлическими затворами от возможного распространения пламени.

Во избежание распространения пламени по разлившейся горючей жидкости в наружных лотках и траншеях для прокладки продуктопроводов через каждые 80 м устраивают земляные перемычки длиной не менее 4 м с гидравлическими затворами под ними или же от перемычек делают отводы в промышленную канализацию через гидравлические затворы.

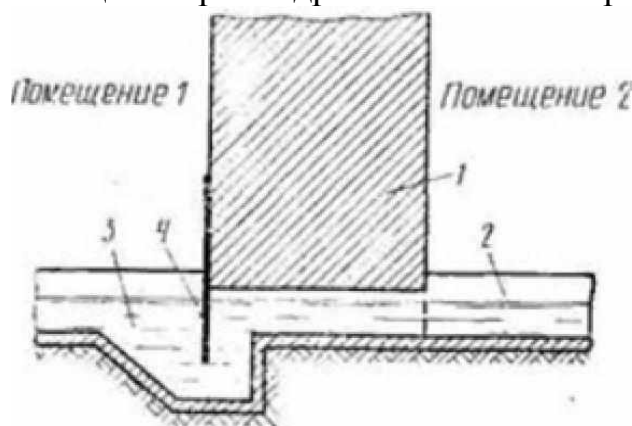


Рисунок 9. 8. Гидравлический затвор в лотке сточных вод:

1 - стена; 2 - лоток; 3 - сточные воды;

4 - щиток, создающий гидравлический затвор

В некоторых производственных помещениях, например в насосных станциях, имеются открытые люки для отвода сточных и промывочных вод.

Если лотки сточных вод проходят из одного помещения в другое через глухую стену, то устраивают гидравлический затвор - такой, какой показан на рисунке 9.8.

Конструкция гидравлических затворов для защиты газовых линий зависит от величины рабочего давления газа. Различают гидравлические затворы низкого и высокого давления.

На линиях высокого давления используют гидравлические затворы (рисунок 9.9) со сравнительно невысоким слоем запорной жидкости, но оборудованные (в отличие от гидрозатворов низкого давления) обратным и мембранным предохранительными клапанами. Когда затвор не работает,

обратный клапан закрывает подводящую линию, препятствуя попаданию в нее запорной жидкости.

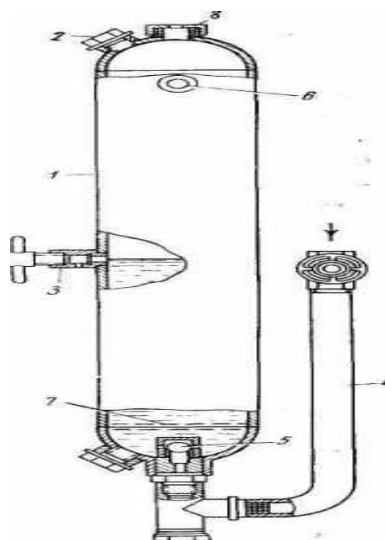


Рисунок 9.9. Гидравлический затвор на газовой линии высокого давления:

- 1 - корпус; 2 - отверстие для заливки водой; 3 - пробный кран; 4 - труба, подводящая газ;
5 - обратный клапан; 6 - расходная труба; 7 - газораспределительные сетки;
8 - мембранный предохранительный клапан

При работе клапан открывается, и газ, барботируя через слой жидкости, направляется к потребителю.

Пламя, которое движется по газоподводящей линии, гаснет при прохождении газа через слой жидкости в затворе. Пламя, движущееся по газоотводной линии, проникает в газовое пространство затвора. Под действием давления взрыва срабатывает мембранный предохранительный клапан. Ударная волна распространяется по запорной жидкости, прижимает клапан к седлу, тем самым перекрывая газоподводящую линию.

При эксплуатации гидравлических затворов необходимо наблюдать за тем, чтобы они крепились в строго вертикальном положении. Уровень запорной жидкости в них должен быть не ниже уровня контрольного (пробного) краника. Наливать жидкость и проверять ее уровень в гидрозатворе следует при отключенных линиях. Нельзя вместо мембран ставить заглушки.

Обратные клапаны изготавливают из коррозионностойких металлов, а поверхности гидравлических затворов защищают от коррозии.

При работе в зимнее время гидрозатворы следует размещать в отапливаемых помещениях, а если это невозможно сделать, следует использовать в качестве запорной жидкости, например, раствор этиленгликоля или глицерина в воде.

Контрольные вопросы:

1. Что представляют из себя сухие огнепреградители?
2. Классификация огнепреградителей.
3. Виды и принцип работы гидравлических затворов.
4. Назначение гидравлических затворов в канализационных системах?
5. Меры пожарной профилактики при эксплуатации гидравлических затворов?

Тема 10. Повреждение аппаратов и трубопроводов в результате коррозии.

Учебные вопросы:

- 1. Общее понятие коррозии.**
- 2. Электрохимическая коррозия.**
- 3. Защита от коррозии.**

1. Общее понятие коррозии

Обращающиеся в технологическом процессе вещества и окружающая среда вступают в химическое взаимодействие с материалом, из которого изготовлено технологическое оборудование, вызывая его разрушение. Разрушение материала в результате взаимодействия с соприкасающейся с ним средой называется коррозией.

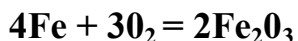
Явление коррозии чаще всего наблюдается в производствах, связанных с использованием азотной, серной, соляной кислот, уксусной кислоты и уксусного альдегида, в процессах добычи, хранения и переработки сернистых нефтей, в процессах электролиза, во время обработки жидкостей и газов, в состав которых входят галоидоводороды, кислоты, щелочи, хлористые и сернистые соли. Значительной коррозии подвержены теплообменные поверхности, омываемые пламенем, подземные и подводные части аппаратов и трубопроводов, а также аппараты и трубопроводы, находящиеся во влажной среде.

Разрушающему действию коррозии наиболее подвержены слабые места производственного оборудования: швы, разъемные соединения, прокладки, места изгибов и поворотов труб.

Коррозия причиняет народному хозяйству значительный ущерб, поэтому защита от нее имеет огромное значение. Существует понятие химической коррозии и электрохимической коррозии.

Химическая коррозия наблюдается в среде жидких диэлектриков или газов, нагретых до высоких температур. Это окислительно-восстановительный химический процесс, к которому относят кислородную, сероводородную, серную, а также водородную и некоторые другие виды коррозии в аппаратах с температурными режимами от 200°C и выше.

При взаимодействии стали с кислородом воздуха (при повышенной температуре) образуется окалина - окислы металла;

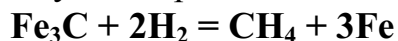


Окалина не обладает механической прочностью и легко отслаивается от металла. Скорость окисления увеличивается с повышением температуры и концентрации кислорода.

Сернистое соединение железа - пористое вещество, не обладающее механической прочностью и, кроме того, легко окисляющееся на воздухе с выделением значительного количества тепла, способного нагреть сульфиды до их самовозгорания.

Водородная коррозия, характерная для процесса производства аммиака, процессов гидрогенизации, гидроочистки и риформинга нефтепродуктов,

особенно сильно проявляется при высоких давлениях и температурах. Водородная коррозия относится к межкристаллитному типу. Установлен следующий механизм разрушения металла водородом. Диффузия водорода происходит в толщу металла по границам структурных зерен. При этом наблюдается частичное растворение водорода и химическое взаимодействие его с цементитом стали по следующей реакции:



Этот процесс сопровождается разрушением структуры зерна и образованием мелких трещин. Образование трещин объясняется обезуглероживанием и тем, что удельный объем железа меньше удельного объема цементита. В образовавшиеся трещины проникает водород, вызывающий продолжение и ускорение процесса коррозии. Металл становится хрупким, его сопротивляемость удару и изгибу падает.

2. Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия представляет собой процесс растворения металлов в электролитах в результате действия образующихся гальванических пар. Сущность процесса совпадает с работой гальванического элемента. Если металл не является однородным, отдельные его участки обладают различной способностью к: растворению. Чем левее расположен металл в ряду напряженности, тем легче он растворяется в электролите. Отдельные участки поверхности аппарата, соприкасаясь с электролитом, будут служить анодом, другие катодом.

Если неоднородный металл (например, железо плюс включения) поместить в электролит (например, в раствор соляной кислоты), то ионы более активного металла будут переходить в раствор. Участок оборудования, поверхность которого служит анодом, будет разрушаться. Отрицательные ионы электролита (в данном случае ионы хлора) перемещаются в направлении выделяющихся положительно заряженных ионов металла и, соединяясь с ними, образуют хлористую соль металла. В то же время положительно заряженные ионы электролита (водорода) перемещаются к отрицательно заряженным участкам стенки и, нейтрализуясь, образуют молекулу водорода.

3. Защита от коррозии

Исходя из основных закономерностей коррозионных процессов, используют следующие направления борьбы с ней: применение коррозионно-устойчивых металлов; изоляция металлов от агрессивной среды защитными покрытиями; уменьшение коррозионной активности среды; использование неметаллических химически стойких материалов; катодная и протекторная защита.

Применение коррозионно-устойчивых металлов. В ряде случаев необходимая коррозионная стойкость металлических конструкций достигается использованием стойкого в данной коррозионной среде и при данных условиях материала (бронза - в растворах солей, титан - в растворах уксусной кислоты любых концентраций до плюс 165°C); нержавеющие хромоникелевые стали - в

окислительных средах; алюминий - в 40%-ной муравьиной кислоте (до плюс 20°C) и т.п.

Рациональный выбор материала может быть сделан на основании справочных данных или специально поставленных экспериментов. С целью экономии высоколегированных нержавеющих сталей широко применяют биметалл - двухслойный материал, состоящий из двух различных металлов. Основной (толстый) слой воспринимает нагрузку. Тонкий (защитный или плакирующий) слой предохраняет основной слой от коррозионного действия среды.

Улучшение коррозионной стойкости стали в ряде случаев достигается за счет повышения однородности структуры соответствующей термической обработкой, устранением мест концентрации внутренних напряжений и деформаций или тонкой механической обработкой поверхности (шлифованием, полированием).

Изоляция металла от агрессивной среды защитными покрытиями используется в технологическом процессе наиболее часто. Металл покрывают лаками, нитрокрасками, масляными, глифталевыми и полихлорвиниловыми красками. От почвенной коррозии сооружения и трубопроводы защищают битумо-пековыми обмазками.

Защиту поверхностей от коррозии осуществляют также путем нанесения тонких металлических пленок (никелированием, лужением, хромированием, серебрением, золочением) и при помощи футеровки - внутренней облицовки аппаратов химически стойкими материалами: керамической плиткой, графитом, свинцом, алюминием, пластическими массами, резиной, эбонитом, торкрет-бетоном и т.п. Основным недостатком футеровки заключается в наличии швов, стыков и мест крепления, которые наиболее часто повреждаются.

Уменьшение коррозионной активности среды осуществляется путем очистки обрабатываемых веществ от агрессивных примесей а также введением замедлителей коррозии - ингибиторов.

Очистку от агрессивных примесей осуществляют путем отстаивания, фильтрации, химическим путем, а также при помощи абсорбции и адсорбции. Все эти способы требуют применения специальных установок и затрат значительного количества энергии. В качестве ингибиторов экономически выгодно применять органические или неорганические соединения, например, уротропин, декстрин, хроматы, нитраты, фосфаты металлов, образующие на поверхности металла различного вида защитные пленки.

Содержание ингибитора в обрабатываемых веществах обычно не превышает 0,01... 1 %. Уменьшения почвенной коррозии можно добиться путем снижения ее влажности осушкой, засыпкой мест установки аппаратов и прокладки трубопроводов битуминозными землями.

Применение неметаллических химически стойких материалов нашло широкое распространение. Используются пластические массы, искусственные смолы и резины, полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол,

капрон, фторопласты, эбонит, сложные пластики и другие природные неорганические материалы (гранит, базальт), а также искусственно получаемые силикатные материалы (фарфор, стекло, ситалл, керамика, цемент). Неметаллические материалы применяют не только для футеровки металлических аппаратов, но и для изготовления корпусов аппаратов, труб, насосов, отдельных узлов и деталей технологических установок.

Установки катодной и протекторной защиты от электрохимической коррозии предназначены для подавления анодных участков на защищаемом сооружении. Эти установки позволяют создать разность потенциалов между защищаемым сооружением и грунтом, при котором все сооружение становится катодом. Для возникновения разности потенциалов отрицательный полюс источника постоянного тока соединяют с защищаемым сооружением, а положительный полюс через электроды-заземлители (анодное заземление) соединяют с грунтом. Таким образом, вся поверхность металлического подземного сооружения становится катодом и предохраняется от коррозионного разрушения.

Контрольные вопросы:

1. Что подразумевается под явлением коррозии?
2. Что такое электрохимическая коррозия?
3. Профилактические мероприятия для защиты от коррозии.
4. Для чего предназначены установки катодной и протекторной защиты?

Тема 11. Повреждение аппаратов и трубопроводов от температурных воздействий на конструктивные элементы.

Повреждение технологического производственного оборудования может произойти в результате образования не предусмотренных расчетом температурных перенапряжений в материале стенок аппаратов и трубопроводов, а также в результате ухудшения механических характеристик металлов при низких или высоких температурах.

Температурные перенапряжения в материале, из которого изготовлены аппараты и трубопроводы, наступают тогда, когда есть препятствия линейному изменению отдельных элементов (узлов) или конструкции в целом.

Если аппарат (трубопровод) при изменении температуры свободно меняет свои размеры, то повреждения не произойдет. Изменение длины конструкции при этом будет равно:

$$\Delta l_t = \alpha l \Delta t, \quad (11.1)$$

где α - коэффициент линейного расширения материала конструкции; Δt - изменение температуры; l — длина конструкции.

При отсутствии условий свободного изменения линейных размеров аппарата (трубопровода), то есть в жестко заземленной конструкции, при изменении температуры возникнут температурные напряжения, величину которых можно определить, составив уравнение совместных деформаций:

$$\Delta l_t = \Delta l_p \quad (11.2)$$

где Δl_p - изменение длины конструкции под воздействием фиктивной силы p , вызывающей равнозначные и равновеликие температурные напряжения в конструкции.

Температурные напряжения наблюдаются при жестком креплении трубопроводов, наличии в аппаратах биметаллических конструкций или конструктивных элементов, находящихся под воздействием неодинаковых температур, в толстостенных конструкциях и при местных изменениях температур в материале аппарата.

Высокое температурное напряжение в материале труб, если не принять мер к его устранению, может разрушить трубопровод, арматуру, опоры и нанести повреждение оборудованию (насосам, фильтрам и т.п.) и резервуарам.

В толстостенных аппаратах, работающих при повышенной или пониженной температурах, степень нагретости внутренней и наружной поверхностей стенки различна. Температурный перепад по толщине стенки, как и неодинаковый нагрев отдельных участков, особенно при резком изменении рабочих температур, может вызвать опасные по величине температурные напряжения. По этой причине неоднократно происходили повреждения аппаратов и серьезные аварии.

Для предупреждения аварий толстостенных аппаратов от температурных воздействий строго поддерживают заданный температурный режим работы, используют автоматические регуляторы температуры, устанавливают регистрирующие приборы с сигнальными устройствами для замера температуры стенок корпуса, производят охлаждение внутренней поверхности стенок аппарата путем пропускания холодного циркуляционного газа. При повышении температуры наружной или внутренней поверхностей стенок аппарата сверх установленной величины автоматически снижают давление и температурный режим аппарата, принимают меры к остановке всего технологического процесса.

Для уменьшения разности температур между внутренней и наружной поверхностями стенок аппарата и снижения влияния температуры внешней среды наружные поверхности толстостенных аппаратов и трубопроводов защищают теплоизоляцией. Во избежание температурных перенапряжений следует очень медленно нагревать и охлаждать толстостенные аппараты в период их пуска и остановки, не допускать нарушения установленного темпа изменения температуры во времени.

Для аппаратов, резервуаров, трубопроводов, выполненных из сталей с пониженной ударной вязкостью и эксплуатирующихся в районах с низкой температурой воздуха, принимают ряд дополнительных мер защиты. Так, наружные емкости со сжиженными газами, выполненные из кипящей мартеновской стали, защищают теплоизоляцией и оборудуют внутренними змеевиками для обогрева их в зимнее время циркулирующим керосином. Температура стенки в самое холодное время не бывает в таких случаях ниже минус 5°C . Для резервуаров с ЛВЖ и ГЖ, выполненных из стали

с пониженной ударной вязкостью, в зимний период устанавливают меньшую степень заполнения, реже осуществляют операции слива и налива, принимают меры к утеплению наиболее нагруженных нижних поясов

Контрольные вопросы:

1. К чему могут привести температурные перенапряжения в материале?
2. Как выглядит уравнение совместных деформаций?
3. Меры предупреждения аварий аппаратов от температурных воздействий.
4. В каких местах наблюдаются температурные напряжения при жестком креплении трубопроводов?

Тема 12. Защита аппаратов от разрушения при взрыве.

Занятие 12-1. Способы защиты аппаратов от разрушения при взрыве.

Взрыв технологического оборудования является одним из наиболее опасных явлений, предшествующих или сопутствующих пожару. Согласно статистическим данным, в химической и родственных отраслях промышленности около 30% пожаров и загораний связано со взрывами, причем взрыв может быть и причиной, и следствием пожара. При отсутствии эффективных средств защиты взрыв вызывает повреждение зданий, сооружений и оборудования, увеличивает размер ущерба, осложняет обстановку на пожаре, затрудняет действия по ликвидации аварии и пожара.

Под взрывом понимают широкий круг явлений, связанных с выделением большого количества энергии в ограниченном объеме за очень короткий промежуток времени. Главный признак взрыва - образование в локальной зоне повышенного давления, распространение в окружающую среду взрывной волны.

Комплекс методов и средств защиты технологического оборудования должен включать (в последовательности от стадии возникновения горения):

- предотвращение образования и воспламенения горючей смеси внутри технологического оборудования;
- подавление возникшего внутри оборудования загорания в начальной стадии;
- применение прочного оборудования, способного выдержать полное давление взрыва;
- применение устройств для безопасного сброса взрыва (взрывные клапаны и предохранительные мембраны);
- применение внешних ограждений для защиты окружающего пространства от поражающего воздействия взрывной волны и разлетающихся осколков.

При горении газовых стехиометрических смесей давление в замкнутом сосуде по сравнению с начальным возрастает в 8... 10 раз, а при горении пылегазовых смесей - в 4...6 раз. Если учесть еще начальное повышенное рабочее давление в аппаратах и динамический характер воздействия быстро нарастающего давления при сгорании смеси, оказывается, что простейший и наиболее надежный способ защиты от взрыва - использование достаточно прочного оборудования - в большинстве случаев является неприемлемым по

экономическим соображениям. Тем не менее его применяют, например, при изготовлении оболочек электрооборудования взрывозащищенного исполнения и в экспериментальных взрывных камерах.

Широкое распространение нашли в промышленности устройства для безопасного сброса давления взрыва - взрывные клапаны и предохранительные мембранные устройства.

Предохранительные мембраны (в зависимости от механизма срабатывания) разделяют на разрывные, ломающиеся, отрывные, срезные, хлопающие и специальные.

Разрывные мембраны наиболее просты в изготовлении и поэтому наиболее распространены. Их делают обычно из тонколистовых пластичных металлов (алюминий, никель, нержавеющая сталь, латунь, медь, титан и др.).

На изготовление ломающихся мембран идут хрупкие материалы: чугун, стекло, графит, текстолит и т.п. При пульсирующих и знакопеременных нагрузках, близких к давлению срабатывания, ломающиеся мембраны работают лучше разрывных. Мембраны из графита, обладающего высокой термостойкостью, можно применять для защиты высокотемпературных реакторов.

Отрывные мембраны чаще всего имеют вид колпачка с проточкой, образующей в нем ослабленное сечение, и применяются для защиты аппаратов, работающих при высоком давлении (несколько сот атмосфер).

Срезные мембраны при срабатывании срезаются по контуру заземления, для чего внутренние кромки зажимных колец делают острыми.

Контрольные вопросы:

- 1. Что понимается под взрывом?*
- 2. Что входит в комплекс методов и средств защиты технологического оборудования?*
- 3. Классификация предохранительных мембран.*

Занятие 12-2. Размещение клапанов и уход за ними.

Клапаны на аппаратах размещают таким образом, чтобы в момент их срабатывания продукты горения отводились в наиболее безопасную сторону, то есть в таком направлении, где нет людей, огне- и взрывоопасного оборудования, горючих веществ и сгораемых конструкций. Для выброса продуктов горения за пределы помещения или наружных этажерок от мембранных клапанов устраивают вертикальные отводные трубы.

Материал мембраны подбирают исходя из химической активности среды в аппарате и характера действующей на мембрану нагрузки. Мембраны наружных клапанов должны быть устойчивыми против атмосферных воздействий.

Мембранные клапаны, предохраняющие аппарат от разрушения при взрыве, размещают преимущественно в верхней части аппаратов. На трубопроводах их устанавливают чаще всего на поворотах, тупиках, вблизи

аппаратов. При размещении клапанов учитывают необходимость предохранения их от механических повреждений в периоды нормальной эксплуатации и от загрязнений пылью и другими отложениями.

При горении на пожаре могут выделяться агрессивные вещества, способные причинять ущерб и оборудованию, и веществам, обращающимся в этом оборудовании. Опасному воздействию агрессивных веществ наиболее подвержены электронное оборудование, устройства автоматизированных систем управления технологическими процессами. На таких производственных объектах размер ущерба от пожара нередко определяется главным образом воздействием агрессивных веществ, загрязняющих и корродирующих ценную аппаратуру.

Весьма чувствительно к агрессивным и загрязняющим веществам, поступающим в атмосферу помещений при пожаре, оборудование вычислительных центров, оборудование предприятий приборостроения, электронного и точного машиностроения. Для защиты такого оборудования следует прежде всего исключить или ограничить использование материалов, при горении которых выделяются агрессивные вещества; максимально изолировать от потенциально опасной окружающей среды аппаратуру, не устойчивую к агрессивному воздействию; обеспечить возможность очистки оборудования от агрессивного загрязнения после пожара; тщательно подбирать неагрессивное огнетушащее средство; ограничивать возможный очаг пожара и автоматизировать его ликвидацию.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91, опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь и искры; повышенная температура воздуха, предметов и т.п.; токсичные продукты горения; дым; пониженная концентрация кислорода; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок; взрыв.

При пожаре на производстве немедленная эвакуация работающих людей во многих случаях оказывается невозможной или даже недопустимой. Так, на современных автоматизированных производствах с централизованным управлением при аварийно-пожарной ситуации операторы не должны покидать рабочее место, так как производством необходимо управлять с целью предотвращения катастрофического развития аварии и пожара. Поэтому возникает проблема защиты рабочих мест операторов, гарантирующей им возможность безопасно для жизни управлять производством.

При некоторых технологических операциях с применением ручного труда рабочие места могут подвергаться воздействию опасных факторов пожара непосредственно в момент его возникновения (и на месте возникновения). В этих случаях защита людей может быть обеспечена только предотвращением пожара.

В соответствии со сказанным исследование пожарной опасности для жизни работающих на производстве людей состоит в том, чтобы с учетом расположения рабочих мест, их количества, а также служебных функций людей

установить опасные факторы пожара, оценить возможность выхода людей из опасной зоны либо их защиты на рабочем месте.

Контрольные вопросы:

- 1. Каким образом размещают клапаны на аппаратах?*
- 2. Технические решения для защиты оборудования предприятий приборостроения, электронного и точного машиностроения.*
- 3. Что относится к опасным факторам пожара?*

Тема 13. Пожарная безопасность процессов механической обработки твердых веществ и материалов.

Учебные вопросы:

- 1. Пожарная профилактика процессов механической обработки металлов.*
- 2. Пожарная профилактика процессов измельчения твердых веществ.*
- 3. Режим эксплуатации технологического оборудования.*

1. Пожарная профилактика процессов механической обработки металлов

Для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов механической обработки металлов необходимо следующее:

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. Вода не только охлаждает материал и инструмент, но и удаляет с рабочего места пожароопасные отходы (крошку, пыль, стружку и др.), а также предотвращает возможность образования на материале статического электричества. Систему подачи воды блокируют с системой пуска станка, чтобы исключить возможность пуска станка при выключенной или неисправной системе подачи воды.
4. Соблюдение исправности масляной системы. Выход масла наружу должен быть исключен. Не допускается разлив масла и загрязнение рабочих поверхностей станка, а также близлежащего пространства. В случае утечки масла следует производить тщательную уборку и очистку с применением технических моющих средств.
5. Регулярная очистка транспортеров от масляных загрязнений (с применением технических моющих средств).

Основные направления защиты от пожаров и взрывов процессов механической обработки магния, которые сводятся к следующему:

1. Механическая обработка магниевых сплавов должна вестись острым и правильно заточенным инструментом, обеспечивающим минимальную величину трения.
2. При обработке изделий на токарных, фрезерных, строгальных и других станках охлаждение должно производиться маслом или струей воздуха.

Охлаждение водой обрабатываемых изделий из магния или его сплавов не допускается, так как вода при взаимодействии с магнием разлагается с выделением водорода.

3. Следует стремиться свести к минимуму возможность образования искр. Для этого кожухи станков, воздуховоды должны выполняться из металлов, которые при ударе не высекают искр.

4. Образующаяся при обработке изделия пыль должна отсасываться с помощью специальной вентиляционной системы. Элементы вытяжной установки для удаления магниевой пыли, особенно ротор вентилятора, должны выполняться из материалов, не высекающих искр. Воздух перед поступлением в вентилятор должен очищаться от взрывоопасной магниевой пыли в специальных фильтрах. Схема такой установки представлена на рисунке 13.1.

Пыль от ленточной шлифовальной машины 1 вентилятором 4 вместе с воздухом всасывается в пылесборник 3, который орошается водой из душа 6. Пыль осаждается и уносится по трубе 8 в отстойник 9. Очищенный воздух вентилятором подается в воздуховод 5 для дальнейшей очистки, а вода из отстойника удаляется по трубе 10.

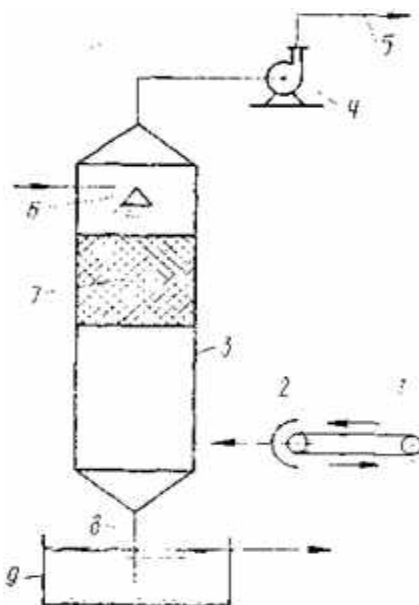


Рисунок 13.1. Схема удаления магниевой пыли от шлифовального станка:

1 - ленточная шлифовальная машина; 2 - отсасывающий кожух;
3 - пылесборник; 4 - вентилятор; 5 - воздуховод; 6 - душ; 7 - насадка;
8 - сливная труба; 9 - отстойник

5. Систематически проводят уборку помещений от пыли, протирку оборудования.

6. Электрооборудование станков и цеха в целом должно быть, только во взрывозащищенном исполнении.

7. Локализацию горения магниевых сплавов осуществлять сухим песком, порошком окиси магния, графитом. Можно, использовать порошковые составы ПС-1 и ПС-2.

При механической обработке титана и циркония профилактические мероприятия сводятся к уменьшению и удалению образующейся взрывоопасной пыли.

При проведении сварочных и других огневых работ основные положения пожарной профилактики в основном сводятся к следующему:

1. Обеспечение надежной защиты от механических повреждений всего электросварочного оборудования. Особенно тщательно следует защищать токопроводящие провода от нарушения их изоляции.

2. Наличие в местах проведения огневых работ необходимого количества средств пожаротушения.

3. При проведении газовой сварки всех видов, а особенно кислородно-ацетиленовой, ацетиленовые генераторы, кислородные баллоны, газификаторы должны быть защищены от проскока в них пламени со стороны горелки, а также искр. В особой безопасности должны быть газовые баллоны. Причиной их взрывов являются механические повреждения при падении, ударах друг о друга. Большую опасность представляет нагрев баллонов выше 50...60° С. Для защиты от коррозии баллоны окрашивают.

Запрещается отогревать редукторы и штуцеры пламенем сварочной горелки; их следует отогревать горячей водой или паром. Нельзя применять открытый огонь для определения наличия неплотностей в редукторе или вентиле баллона. Такую проверку следует производить обмыливанием вентиля или редуктора.

4. Особое внимание должно быть уделено ацетиленовым установкам (стационарным и передвижным). Они имеют свободное пространство, в котором может образоваться взрывоопасная смесь ацетилена с воздухом. Это пространство следует заполнить водой. Для предупреждения распространения в генераторы пламени от горелки их оборудуют гидравлическими предохранительными затворами.

2. Пожарная профилактика процессов измельчения твердых веществ

Чтобы избежать возникновения пожаров и взрывов в процессе измельчения твердых веществ, следует:

1. Использовать «мокрые» методы измельчения;
2. Предотвратить 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. Произвести заземление машин для исключения образования искр от статического электричества; увлажнять материал;
5. Исключить возможность самовозгорания пыли. В дробилках и мельницах не должна залеживаться пыль;
6. Контролировать температуру подшипников;

7. Установить предохранительные взрывные мембранные клапаны. Назначение клапана в случае взрыва пыли в барабане - отвести газы и предотвратить разрушение машины;

8. Широко использовать флегматизаторы, то есть заполнять размольные установки азотом, углекислым газом и т. д. на весь период работы или на время проведения отдельных операций; производить измельчение особо опасных материалов совместно с негорючими веществами (мелом, известью и т. п.).

Отсос запыленного воздуха производится не только из-под кожухов машин, но и непосредственно из производственных помещений, в которых работают эти машины. Запыленный воздух, отсасываемый из машин, аппаратов и помещений, направляется в систему улавливания пыли, в которой происходит разделение пылевоздушной смеси, в результате чего выделяется твердый измельченный материал.

Для разделения пылевоздушных смесей широко используются пылеосадительные камеры и циклоны. Осевшая на горизонтальных листах пылеосадительных камер пыль снимается с них специальными скребками. Источником зажигания осевшей на листах пыли, если исключить возможность ее самовозгорания, могут быть только искры, занесенные от машин с пылевоздушной смесью. Взрыв пыли в камере возможен только в период ее очистки при наличии в этот момент источника зажигания.

В процессе работы в циклонах возможно образование местных взрывоопасных концентраций. Источником зажигания могут быть искры, занесенные с пылевоздушной смесью, самовозгорание осевшей пыли или разряды статического электричества. Поэтому циклоны устанавливают на открытых площадках, защищают взрывными предохранительными клапанами и применяют снаружи теплоизоляцию, чтобы не допускать конденсации пара и прилипания пыли к стенкам.

Для улавливания мелкодисперсной ценной пыли (сахарной, табачной) применяют рукавные фильтры, которые представляют значительную пожарную опасность из-за наличия большого количества горючего материала (пыль, ткань). Основной частью такого фильтра являются матерчатые рукава. Источниками зажигания здесь могут быть самовозгорание, разряды статического электричества. Поэтому рукавные фильтры размещают в отдельных изолированных помещениях и защищают взрывными предохранительными клапанами, а также принимают меры против образования отложений пыли на стенках бункеров.

Наибольшая степень очистки воздуха от пыли достигается в электрофильтрах.

Пожарная опасность электрофильтров обуславливается наличием осевшей пыли на осадительном электроде и мощного источника зажигания в виде искровых разрядов. Поэтому электрофильтры размещают в отдельных помещениях, исключают конденсацию влаги в них, проходные изоляторы

защищают от загрязнений, устанавливают предохранительные взрывные клапаны.

Важной мерой обеспечения пожарной безопасности производственных помещений, в которых производится измельчение, классификация и переработка твердых горючих веществ, является регулярная уборка пыли.

3. Режим эксплуатации технологического оборудования

Пожарная профилактика процессов механической обработки древесины предусматривает:

1. Непрерывное удаление от станков опилок, стружки, пыли и прочих отходов (с применением местных отсосов и пневмотранспорта). При этом обращают внимание на соответствие мощности вентиляционной установки расчетным данным. Для предотвращения осаждения отходов в воздуховодах скорость движения воздуха при отсосе принимают не менее 15 м/с;
2. Регулярную очистку помещений и оборудования от пыли, уборку стружки, опилок и промасленных обтирочных материалов;
3. Соблюдение строгого противопожарного режима в цехах (запрещение курения, использования открытого огня, проведения сварочных работ);
4. Контроль за исправностью электрооборудования и электропроводки. Не допускается перегрузка станков и двигателей;
5. Контроль за температурой подшипников. Во избежание их перегрева предусматривается бесперебойная смазка.

Кроме того, следует пользоваться острыми пилами, не допускать попадания в машины металлических предметов. Нельзя обрабатывать древесину, в которой есть гвозди и другие металлические включения.

Меры пожарной профилактики при механической обработке пластмасс заключаются в следующем:

1. Непрерывное удаление стружки и пыли от станков а применением местных отсосов (не допускается образование отложений пыли на рабочих поверхностях станков и в системах отсоса); регулярная уборка помещений и оборудования от пыли, стружки, опилок.
2. Соблюдение режима резания (обработка производится острым инструментом при установленных скоростях резания и подачи); исправность работы системы охлаждения станков.
3. Контроль за исправностью электрооборудования (не допускается перегрузка станков и двигателей) и температурой подшипников.
4. Контроль за эффективностью работы вентиляционной системы.

Контрольные вопросы:

1. Мероприятия, необходимые для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов механической обработки металлов.
2. Что можно отнести к основным направлениям защиты от пожаров и взрывов процессов механической обработки магния?
3. Какие основные положения пожарной профилактики соблюдаются при проведении сварочных и других огневых работ?

4. Технические решения, применяемые в процессе измельчения твердых веществ.

5. Меры пожарной профилактики процессов механической обработки древесины.

Тема 14. Пожарная безопасность средств транспортировки и хранения веществ и материалов.

Занятие 14-1. Пожарная безопасность средств транспортировки и хранения горючих жидкостей и газов.

Для перемещения и сжатия газов предназначены специальные компрессорные машины. Отношение конечного давления P_2 , создаваемого компрессорной машиной, к начальному давлению P_1 , при котором происходит всасывание газа, называется степенью сжатия. В зависимости от степени сжатия различают следующие типы компрессорных машин:

вентиляторы ($P_2 / P_1 < 1,1$) для перемещения больших количеств газа;

газодувки ($1,1 < P_2 / P_1 < 3,0$) для перемещения газов при относительно высоком сопротивлении газопроводящей сети;

компрессоры ($P_2 / P_1 > 3,0$) для создания высоких давлений;

вакуум-насосы для отсасывания газов при давлении ниже атмосферного.

По принципу действия компрессорные машины бывают поршневые, ротационные, центробежные и осевые. В поршневых и ротационных компрессорах сжатие газа происходит за счет уменьшения объема, в котором заключен газ. В центробежных и осевых компрессорах сжатие газа происходит под действием инерционных сил, возникающих при вращении рабочего колеса.

В промышленности наибольшее применение получили поршневые компрессоры с электроприводом и поршневые газомоторные компрессоры. На компрессорных станциях магистральных газопроводов, как правило, используют центробежные нагнетатели большой производительности, которые представляют собой одноступенчатые компрессорные машины с осевым подводом газа к консольно расположенному рабочему колесу.

Сжатие газа в любом компрессоре сопровождается повышением его давления и температуры, нагревом узлов и деталей машины, вибрацией компрессорного агрегата. Поэтому предусматриваются меры защиты, исключающие прорыв газов и выход их в помещение компрессорной, повышение давления сверх установленного уровня, перегрев машины, разложение смазочного масла и другие нежелательные явления.

Температуру газа после адиабатического сжатия в компрессоре оценивают по формуле

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (14.1)$$

где T_2 - температура газа после сжатия; T_1 - температура газа до сжатия; P_1 и P_2 - давление газа до и после сжатия; k - показатель адиабаты.

Сжатие газов до высоких давлений осуществляется в многоступенчатых компрессорах, причем процесс расчленяется на несколько ступеней. После каждой ступени применяют охлаждение газа в промежуточных холодильниках (кожухотрубчатых теплообменниках).

Подбор таких холодильников осуществляют исходя из требуемой поверхности теплообмена, которую определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}} \quad (14.2)$$

где F - поверхность теплообмена холодильника; Q - количество тепла, отбираемого от газа в единицу времени; K - коэффициент теплопередачи; Δt_{cp} - средняя логарифмическая разность температур.

Пожарная опасность компрессоров зависит прежде всего от свойств 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. Поэтому предусматриваются мероприятия, исключающие нарушение герметичности всасывающих линий; поддерживают подпор газа во всасывающих линиях дожимных компрессоров; контролируют и регулируют состав сжимаемого газа с примесью окислителя.

Пожарная опасность компрессоров, сжимающих горючие газы, обусловлена возможностью выхода газа наружу в случае появления повреждений и неисправностей. Поэтому предусматривается комплекс мероприятий, предупреждающих образование взрывоопасных концентраций: надежная герметизация рабочих полостей компрессора и трубопроводов; устройство местных отсосов от уплотнений; установка предохранительных клапанов; устройство общеобменной вентиляции; оборудование автоматических систем обнаружения горючих газов в воздухе компрессорной станции.

Взрывопожарная опасность воздушных компрессоров весьма велика: внутри машин может образоваться горючая среда, так как там есть и окислитель (воздух) и горючее (смазочное масло). Основная причина взрывов воздушных компрессоров связана с самовозгоранием нагаромасляных отложений, которые образуются в результате испарения, последующей конденсации и оседания в коммуникациях масел, применяемых для смазки цилиндров и механизмов движения. Процесс накопления нагаромасляных отложений ускоряется в случаях применения склонных к нагарообразованию масел, забора загрязненного воздуха, недостаточного охлаждения сжатого

воздуха, наличия застойных зон в нагнетательных коммуникациях, несвоевременной очистки коммуникаций от отложений.

Взрывоопасность масел, применяемых в воздушных компрессорах, определяется температурой их вспышки и, главным образом, склонностью к нагарообразованию. Нужно, чтобы разница между температурой вспышки смазочного масла и предельно допустимой температурой сжатого воздуха (160°C) была не менее 75°C. Образовавшийся нагар постепенно окисляется, его температура повышается, происходит дополнительное выделение паров и продуктов разложения. Образуется очаг самовозгорания. Поэтому предусматривается улавливание масла, испаряющегося в цилиндрах и увлекаемого сжатым воздухом, в специальных маслоотделителях. Маслоотделитель должен устанавливаться на линии сжатого воздуха, не ближе того места, где температура воздуха достигает температуры конденсации паров масла. Это место можно приближенно определить по формуле

$$L = \frac{Gc_P(t_1 - t_K)}{\pi d \Delta t_{CP} K_{CP}} \quad (14.3)$$

где **L** - длина трубопровода от компрессора до маслоотделителя; **G** - количество проходящего воздуха; **c_p** - удельная теплоемкость воздуха; **t₁** - температура воздуха при выходе из компрессора; **t_K** - температура конденсации паров масла; **d** - диаметр трубопровода; **Δt_{CP}** - средняя логарифмическая разность температур между воздухом в трубопроводе и окружающей средой; **K_{CP}** - средний коэффициент теплопередачи.

Величина **L** значительно сокращается в случае применения холодильников.

Занятие 14-2. Пожарная безопасность средств транспортировки твердых веществ и материалов.

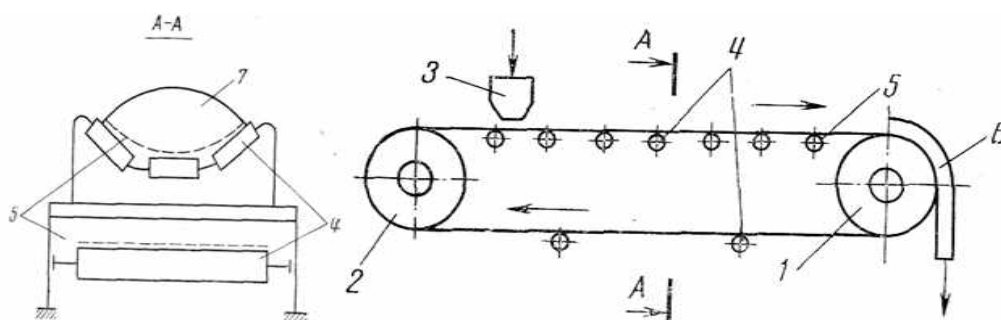


Рисунок 14.1. Схема ленточного транспортера:

1 - ведущий барабан; 2 - ведомый барабан; 3 - загрузочное устройство; 4 - опорные ролики; 5 - лента; 6 - разгрузочное устройство; 7 - транспортируемый материал

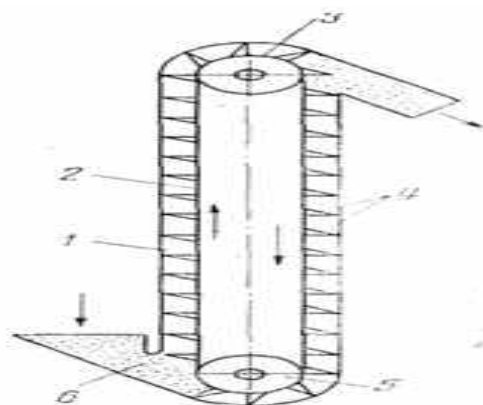


Рисунок 14.2. Схема элеватора:

1 - кожух; 2 - цепь или лента; 3, 5 - барабаны или цепные блоки; 4 – ковши; 6 - воронка

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

Транспортеры бывают ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые, вибрационные. Наиболее широко применяются ленточные транспортеры (рисунок 14.1). Лента 5 приводится в движение ведущим барабаном 1. Перемещаемый материал передается на транспортер через загрузочное устройство 3. Лента движется по опорным роликам 4. Скорость движения ленты принимается от 0,5 до 2 м/с в зависимости от степени измельчения материала.

Элеватор (рисунок 14.2) предназначен для вертикального перемещения твердых материалов. Он имеет бесконечную ленту 2 (или цепь), на которой крепятся ковши 4. Ведущий барабан 3, расположенный сверху, приводит в движение ленту с ковшами. Все устройство заключено в кожух 1, в нижней части которого устраивается воронка 6, через которую транспортируемый материал подается на элеватор.

Пожарная опасность транспортера и элеваторов обусловлена большим количеством горючего материала, интенсивным пылеобразованием, возможностью появления источников зажигания и быстрого распространения огня по материалу и транспортным коммуникациям.

Количество транспортируемого горючего вещества, величину горючей загрузки и опасность завала в случае нарушения нормальной работы транспортера (или элеватора) можно оценить исходя из производительности транспортера:

$$G_0 = F\omega\rho \quad (14.4)$$

где G_0 - производительность транспортера; F - площадь сечения материала на ленте; ω - скорость движения ленты; ρ - расчетный вес транспортируемого материала.

Если сечение материала на ленте принять полуэллиптическим, то

$$F = \frac{2}{3}bh \quad (14.5)$$

где **b** - ширина слоя насыпного материала на ленте; **h** - максимальная высота слоя материала на ленте.

Обычно ширину слоя принимают равной 90% ширины ленты, то есть

$$b = 0,9 B \quad (14.6)$$

высота слоя **h** для полуэллипса равна:

$$h = \frac{1}{12}b = \frac{3}{40}B \quad (14.7)$$

С учетом (14.6) и (14.7)
$$F = \frac{9}{200}B^2 \quad (14.8)$$

Часовая производительность транспортера

$$G = 162B^2\omega\rho \quad (14.9)$$

Количество горючего вещества, одновременно находящегося на ленте длиной **L**, равно:

$$G_L = FL\rho, \quad (14.10)$$

а величина горючей загрузки **q** на 1 м² ленты составляет:

$$q = \frac{FL\rho}{LB} = \frac{F\rho}{B} \quad (14.11)$$

Скопление горючего вещества в месте пересыпки при завале за время **τ** равно:

$$G_\tau = G\tau \quad (14.12)$$

Для уменьшения запыленности воздуха при транспортировке сыпучих материалов предусматривается использование закрытых транспортеров (элеваторов) с отсосом запыленного воздуха из укрытий и увлажнением материалов (если это допустимо).

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

Из опыта известно, что основной причиной пожаров на ленточных транспортерах является нагрев ленты вследствие трения о ведущий барабан. Особенно интенсивно повышается температура при заклинивании ленты. Температуру нагрева ленты и барабана при буксовании можно оценить из условия равенства между количеством тепла, выделяющегося от трения, и количеством тепла, отдаваемого нагретыми элементами в окружающую среду, по формуле, аналогичной формуле (14.10):

$$T_n = T_{\text{в}} + \frac{\pi f N d_{\text{б}} n}{\alpha F} \quad (14.13)$$

где T_n - максимальная температура нагрева ленты и барабана; $T_{\text{в}}$ - температура окружающего воздуха; f - коэффициент трения; N - сила натяжения ленты; $d_{\text{б}}$ - диаметр барабана; n - число оборотов барабана; α - коэффициент теплоотдачи от поверхности ленты и барабана в окружающую среду; F - поверхность теплоотдачи (поверхность ленты на участке контакта с барабаном и поверхность барабана, свободная от ленты).

Меры пожарной профилактики предусматривают:

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 (подача воды внутрь) и внешнего (подача распыленной воды) охлаждения барабана.

Предотвращение возникновения искр удара достигается путем регулирования зазоров между конструктивными элементами элеватора, натяжения цепи, путем контроля за состоянием подвески ковшей и кожуха.

Самовозгорание материала (пыли) исключается при правильном выборе размера кожуха и регулярной очистке конструкций от пыли.

Повышенная опасность быстрого распространения возникшего пожара при перемещении твердых горючих материалов по транспортеру обусловлена значительной протяженностью коммуникаций, переходом их из помещения в помещение, наличием тяги в галереях или шахтах. Поэтому предусматриваются противопожарные стены с устройствами для перекрывания и защиты технологических проемов (заслонки ручные или автоматические), а также водяные или пенные дренчерные завесы с ручным или автоматическим включением.

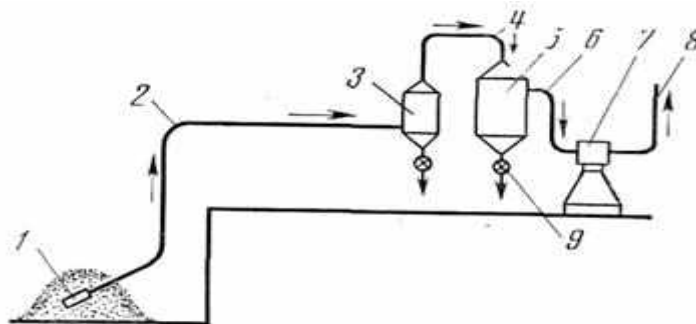


Рисунок 14.3. Схема пневматического транспорта под разрежением:

- 1 - приемное устройство; 2 - всасывающий трубопровод; 3 - циклон; 4, 6 - трубопроводы;
5 - пылеулавливатель; 7 - вентилятор (вакуум-насос); 8 - выброс воздуха;
9 - шиберный затвор

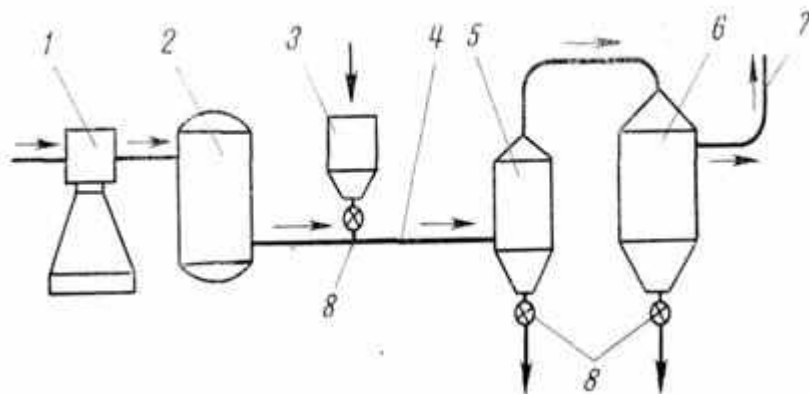


Рисунок 14.4. Схема пневматического транспорта под давлением:

1 - вентилятор (компрессор); 2 – ресивер воздуха; 3 - бункер с материалом;
4 - нагнетательный воздухопровод; 5 - циклон; 6 - пылеулавливатель; 7 - выброс воздуха;
8 - шлюзовый затвор

Пневматический транспорт - транспортировка измельченных твердых материалов в потоке газа по трубам - это один из перспективных процессов транспорта, широко применяющихся в современной технологии. На рисунках 14.3 и 14.4 представлены схемы пневмотранспорта под разрежением и под давлением. Движение рабочего газа обеспечивается вентилятором, вакуум-насосом или компрессором. Скорость газа должна быть выше скорости осаждения частиц, так как частицы материала должны перейти во взвешенное состояние и унести потоком газа. Скорость газа в системах пневмотранспорта от 8 до 35 м/с; концентрация материала в смеси с воздухом от 10 до 25 кг/кг.

Скорость газа в пневмотрубах устанавливают в зависимости от концентрации материала в смеси с воздухом, которую определяют по формуле

$$\mu = \frac{G_M}{G_\Gamma} \quad (14.14)$$

По величине μ выбирают скорость газа w , пользуясь данными таблицы 14.1

Таблица 14.1

Концентрация	$\mu < 1$	2 - 10	10 - 15	$\mu > 15$
$\omega/\omega_{0,oc}$	(1,25... 1,5)	(1,5... 2,0)	(2,0... 2,5)	(2,5... 3,0)

Высокая пожарная опасность пневмотранспорта обусловлена тем, что горючие вещества в измельченном и взвешенном состоянии находятся в атмосфере воздуха. Горючая среда образуется, если рабочая концентрация материала в воздухе находится в пределах воспламенения:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v \quad (14.15)$$

где φ_p - рабочая концентрация материала в воздухе, кг/м³.

Разделим все члены неравенства (14.15) на величину ρ_v (плотность воздуха) и получим условие пожарной опасности систем пневмотранспорта:

$$\varphi_n \leq \mu \leq \varphi_v \quad (14.16)$$

При работе под избыточным давлением пыль из пневмотранспортной системы через неплотности может выходить в производственные помещения.

Поэтому вакуумные системы пневмотранспорта являются более предпочтительными по сравнению с системами, работающими под давлением. К специфическим источникам зажигания в системах пневмотранспорта относятся разряды статического электричества (особенно при транспортировке по трубам из неметаллических материалов), механические искры удара лопастей вентилятора о корпус, самовозгорание отложений пыли. В качестве мер пожарной профилактики предусматривается заземление электропроводящих элементов оборудования, исключение образования искр удара и самовозгорания отложений пыли.

Пневмотранспортные системы весьма опасны в отношении распространения и развития пожара, так как по горючим смесям взвешенной пыли пламя распространяется особенно быстро. Отложения пыли на стенках воздухопроводов также способствуют развитию пожара. Поэтому с целью ограничения распространения пожара устраивают на коммуникациях специальные пожарные заслонки с ручным или автоматическим приводом, а также устанавливают разрывные мембраны для сброса давления в случае взрыва. Циклоны рекомендуется размещать снаружи здания, в местах, где возможный взрыв не может причинить ущерба.

Для разработки мероприятий по защите систем пневмотранспорта конкретных горючих веществ, следует знать скорость распространения пламени, длительность выгорания отложений, температурные показатели, а также другие данные, которые получают путем специальных исследований. Результаты этих исследований используются при проектировании автоматической защиты пневмотранспортных коммуникаций от распространения пламени.

Контрольные вопросы:

- 1. Классификация устройств транспортировки твердых веществ.*
- 2. Предназначение элеватора.*
- 3. Что предусматривают меры пожарной профилактики при транспортировке твердых веществ и материалов?*
- 4. Что представляет из себя пневматический транспорт?*

Тема 15. Пожарная безопасность процессов нагрева и охлаждения веществ и материалов.

Занятие 15-1. Пожарная безопасность процессов нагрева водяным паром.

Учебные вопросы:

- 1. Классификация процессов нагрева и охлаждения веществ и материалов.***
- 2. Пожарная безопасность процессов нагрева водяным паром.***

Технологические процессы, скорость протекания которых определяется скоростью подвода или отвода тепла, называются тепловыми процессами, а аппаратура, предназначенная для проведения этих процессов, - теплообменной.

К тепловым процессам относятся нагревание, охлаждение, испарение и конденсация; первые два процесса протекают без изменения агрегатного состояния вещества, два других - с изменением агрегатного состояния вещества.

Тепловые явления, как правило, сопутствуют химическим превращениям и физическим изменениям веществ. Ускорение многих химических реакций осуществляется путем нагревания реагирующих веществ. Нагревание осуществляется при проведении процессов перегонки и выпаривания, плавления, уменьшения вязкости, ректификации, сушки. Поэтому в любой отрасли промышленности специалист пожарной безопасности обязательно встретится с тепловыми процессами и аппаратурой, в которой они осуществляются.

В тепловых процессах взаимодействует не менее двух сред, (с различными температурами), которые называют теплоносителями. Наиболее нагретую среду называют горячим теплоносителем или нагревающим агентом, менее нагретую - холодным теплоносителем или охлаждающим агентом (хладагентом).

Теплоносители, применяемые для нагревания, классифицируют следующим образом:

- прямые источники тепла (пламя и топочные газы, образующиеся при сжигании в топках печей твердого, жидкого или газообразного топлива; электрический ток);
- промежуточные теплоносители (водяной пар, горячая вода, нагретый воздух);
- высокотемпературные теплоносители (органические жидкости, расплавленные соли, жидкие металлы, минеральные масла и др.);
- горячие продукты производства (полупродукты, конечные продукты и отходы производства, отводимые из аппаратов с достаточно высокой температурой).

Для охлаждения веществ до температур 10...30 °С чаще всего используют воду и воздух, как наиболее доступные и дешевые охлаждающие агенты. Охлаждение до более низких температур производят путем применения льда и специальных холодильных агентов, представляющих собой пары низкокипящих жидкостей (например, аммиака), сжиженные газы (углекислый газ, этан и др.) и холодильные рассолы. Многие хладагенты являются горючими веществами и отличаются пожароопасностью.

При определении пожарной опасности технологических процессов нагревания горючих веществ должно учитываться следующее: пожаровзрывоопасные свойства нагреваемых веществ; величина их рабочей температуры; способ нагревания. Основные способы нагревания горючих веществ - нагревание водяным паром и горячими продуктами производства; нагревание пламенем и топочными газами; нагревание высокотемпературными теплоносителями.

1. Классификация процессов нагрева и охлаждения веществ и материалов

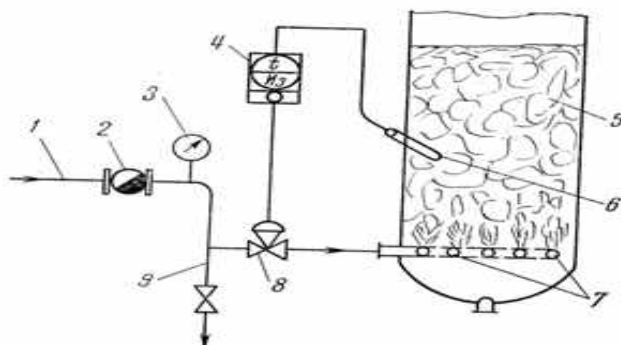


Рисунок 15.1. Конденсатоотводчики с поплавком:
1 - корпус; 2 - стакан; 3 - штуцер; 4 - седло клапана;
5 - труба для выдавливания конденсата; 6 - запирающий шток

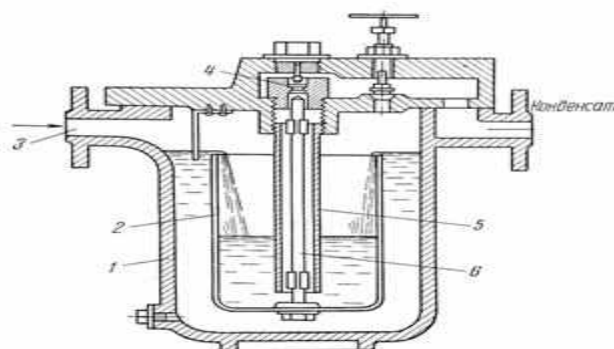


Рисунок 15.2. Схема подогрева острым водяным паром:
1 - линия водяного пара; 2 - обратный клапан; 3 - манометр; 4 - регулятор температуры;
5 - обогреваемая жидкость; 6 - термобаллон (датчик); 7 - барботер;
8 - регулятор расхода; 9 - линия спуска конденсата

Водяной пар является самым распространенным горячим теплоносителем (нагревающим агентом). Обычно применяют насыщенный водяной пар при давлении 0,5..0,2 МПа, что позволяет осуществлять нагревание веществ до 180°C.

Если водяной пар вводится непосредственно в нагреваемую среду и смешивается с ней, говорят о нагревании «острым» паром. Если пар не соприкасается с нагреваемой средой, а теплопередача от пара к среде идет через разделяющую стенку, говорят о нагревании «глухим» паром.

Нагревание острым паром. Пар вводят через барботер непосредственно в нагреваемую жидкость. При этом он конденсируется и конденсат смешивается с нагреваемой жидкостью. Их температуры выравниваются. Отсюда ясно, что острый пар можно использовать лишь в тех случаях, когда допустимо смешение нагреваемой среды с конденсатом. При использовании острого пара одновременно с нагреванием происходит интенсивное перемешивание вещества, что иногда необходимо по технологическим соображениям. Часто острый пар применяют для продувки аппаратов с целью освобождения их от остатков горючей жидкости и ее паров.

Аппараты для нагрева острым паром (рисунок 15.2) имеют трубу с отверстиями, выходя из которых пар барботирует через жидкость. Такие трубы называют барботерами.

При оценке пожарной опасности процесса нагревания горючих веществ острым паром необходимо учитывать прежде всего температуру нагревания. Если температура нагревания горючей жидкости будет находиться в пределах воспламенения, в аппарате будет образовываться горючая концентрация паров. Следует учитывать и давление в аппарате. При этом возможны два нежелательных случая. Первый случай. При подаче водяного пара давление в аппарате повышается и может превзойти допустимый уровень. Чтобы исключить это явление, применяют автоматические регуляторы расхода пара. Второй случай. Давление водяного пара становится меньше давления в аппарате. Тогда нагреваемая жидкость будет передавливаясь в паровую линию и далее - в паровой котел. Чтобы исключить это явление, применяют обратные клапаны.

Нагревание глухим паром. Этот способ наиболее распространен. Для его осуществления применяются специальная теплообменная аппаратура или теплообменники, в которых пар, конденсируясь, отдает свое тепло нагреваемому веществу путем теплопередачи через разделяющую стенку (теплообменную поверхность). Во избежание непроизводительного расхода пара и беспрепятственного удаления конденсата (без выпуска пара) применяют специальные устройства - конденсатоотводчики. На рисунке 15.1 показан конденсатоотводчик с открытым поплавком. Работает он следующим образом. Смесь пара и конденсата поступает из теплообменника через штуцер 3. Поплавок (стакан) 2 всплывает, и клапан 4 закрывает выходные отверстия для конденсата. Конденсат накапливается и переливается через край внутрь стакана. По мере наполнения конденсатом плавучесть поплавка уменьшается, он опускается и открывает клапан для выхода конденсата, который выдавливается давлением пара через трубку 5. После удаления части конденсата из поплавка 2 последний снова всплывает и закрывает выходное отверстие.

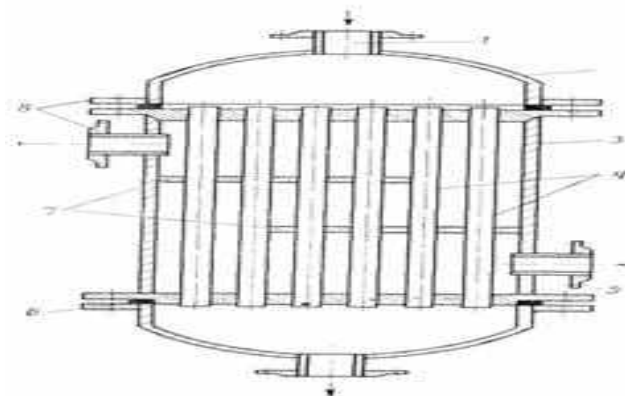


Рисунок 15.3. Кожухотрубчатый теплообменник:

- 1 - патрубок; 2 - крышка; 3- корпус; 4 - теплообменные трубки; 5 - трубные решетки;
6 - прокладки; 7 - перегородки; 8 - фланцы

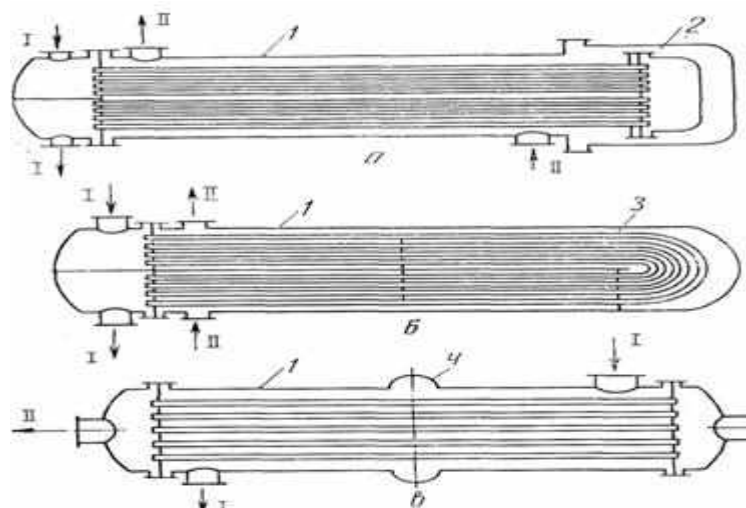


Рисунок 15.4. Схемы теплообменников с температурными компенсаторами:
а - с плавающей головкой; б - с изогнутыми трубками; в - с линзой на корпусе;
1 - корпус; 2 - плавающая головка; 3 - изогнутые трубки; 4 - линза

Наибольшее распространение для проведения теплообменных процессов получили кожухотрубчатые теплообменники. Из общего объема применяемой теплообменной аппаратуры на их долю приходится более 80%. В них производят нагревание (тогда их называют подогревателями), охлаждение (холодильники), конденсацию (конденсаторы), испарение (испарители или кипяильники). При нагревании веществ в кожухотрубчатых теплообменниках в качестве теплоносителей можно использовать пар, горячую воду, горячие продукты производства (жидкие, газообразные и парообразные), высокотемпературные теплоносители. Кожухотрубчатые теплообменники бывают четырех типов: ТН, ТЛ, ТУ и ТТ.

Устройство кожухотрубчатого теплообменника типа ТН (с неподвижными решетками) показано на рисунке 15.3. Аппарат имеет металлический кожух (корпус) 3, к которому привариваются две трубные решетки 2. Трубки 1 с помощью развальцовки, отбортовки или сварки прочно и герметично закрепляются в трубных решетках. Две крышки 4 крепятся к корпусу с помощью болтов. Для ввода и вывода теплоносителя и нагреваемого продукта привариваются четыре патрубка 6. В межтрубном пространстве могут размещаться перегородки 5 для интенсификации теплообмена. Теплообменники ТН выпускаются в горизонтальном и вертикальном исполнениях, бывают одно-, двух-, четырех- и шестиходовыми по трубному пространству, с перегородками и без перегородок в межтрубном пространстве. Эти аппараты применяются при сравнительно малой разности температур между кожухом и пучком труб (до 50 градусов) в тех случаях, когда нет необходимости в механической чистке межтрубного пространства.

Кожухотрубчатые теплообменники типа ТЛ отличаются от аппаратов ТН наличием на кожухе линзового компенсатора (рисунок 15.4, в), который позволяет вести процесс нагрева при разности температур между кожухом и пучком труб, превышающей: 50 градусов.

Кожухотрубчатые теплообменники типа ТП имеют подвижную (плавающую) головку, что позволяет компенсировать температурные напряжения (рисунок 15.4 а).

Кожухотрубчатые теплообменники типа ТУ имеют U-образные трубы, которые также выполняют функцию компенсирующих устройств (рисунок 15.4б).

Теплообменники типа ТТ («труба в трубе») в трубном пучке имеют одну трубу (поэтому их иногда называют двухтрубчатыми). Они позволяют применять высокие скорости движения теплоносителей в трубном и межтрубном пространствах. Для увеличения поверхности теплообмена их соединяют в параллельные секции с помощью так называемых «калачей» (рисунок 15.5).

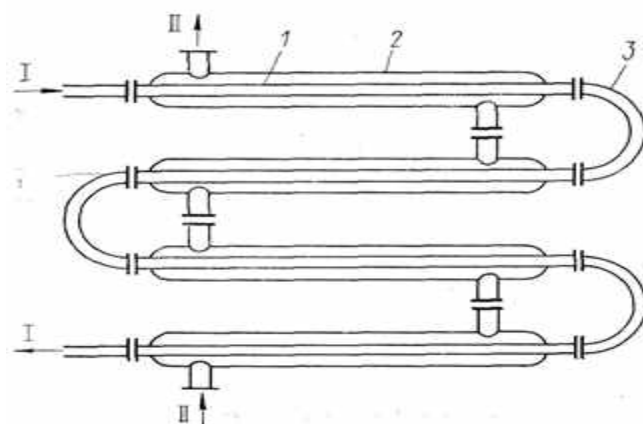


Рисунок 15.5. Схема теплообменника типа «труба в трубе»:

1 - внутренняя труба; 2 - наружная труба; 3 - «калачи»; I и II - теплоносители

При нормальной работе кожухотрубчатых теплообменников весь объем трубного и межтрубного пространства полностью заполнен теплоносителем и нагреваемым продуктом. Нагреваемые горючие газы и пары, а также газообразные или парообразные теплоносители не содержат кислорода или других окислителей. Следовательно, внутри аппарата взрывоопасных концентраций быть не может и пожарной опасности нет.

Однако пожарная опасность может возникнуть из-за разгерметизации соединений и образования неплотностей в результате повреждений отдельных узлов теплообменников. В зависимости от места повреждения и соотношения давлений могут быть различные случаи создания пожарной опасности.

Первый случай. Из аппарата выходит наружу горючая жидкость. В результате ее растекания и испарения могут образоваться местные горючие концентрации. Это происходит, когда жидкость нагрета выше температуры вспышки. При выходе из аппарата горючих паров или газов также может иметь место загазованность с образованием горючих концентраций.

Второй случай. Нагреваемый продукт попадает в теплоноситель. Если в качестве теплоносителя применяется водяной пар, то при попадании в него нагреваемого горючего продукта (когда давление продукта больше давления

пара) последний может пройти в паровой котел или в канализацию, что сопряжено с опасностью образования горючей среды.

Третий случай. Теплоноситель (пар) попадает в нагреваемый продукт. Это может произойти, когда давление пара больше давления нагреваемого продукта. В результате продукт обводняется и может стать опасным для последующих технологических операций. Так, при поступлении обводненного продукта в высоконагретый аппарат вода мгновенно вскипает, давление резко повышается и может превысить допустимый уровень.

Основные причины разгерметизации соединений, появления неплотностей и повреждений: образование повышенного давления; возникновение температурных напряжений и воздействие коррозии.

Повышение давления в теплообменном аппарате возможно при росте подачи нагреваемого продукта, при увеличении гидравлического сопротивления аппарата или трубопровода, находящегося за ним, а также при вскипании жидкого продукта. Повышение давления возможно также при увеличении подачи теплоносителя.

При эксплуатации теплообменников-подогревателей необходимо осуществлять строгий контроль за состоянием их теплообменной поверхности, так как при длительной эксплуатации теплообменные поверхности загрязняются, подвергаются коррозии за счет обрабатываемого продукта и за счет теплоносителя. Эти загрязнения и отложения резко ухудшают теплообмен. Практикой эксплуатации подогревателей установлено, что при наличии накипи толщиной 5 мм коэффициент теплопередачи снижается на 40...50%.

2. Пожарная безопасность процессов нагрева водяным паром

Очистка теплообменной поверхности производится механическим или химическим способом с применением слабых растворов щелочей, кислот и других реагентов.

Наличие в водяном паре воздуха и других неконденсирующихся газов и накапливание их в теплообменном аппарате ведет к ухудшению процесса теплопередачи.

Неконденсирующиеся газы из парового пространства теплообменника следует отводить (например, периодически осуществлять сброс пара из теплообменника).

В теплообменниках типа ТН возможно возникновение значительных температурных напряжений. Большие внутренние напряжения могут привести к деформации элементов аппарата, нарушить плотность его развальцовки и герметичность систем.

Существуют два пути снижения температурных напряжений:

а) уменьшение разности температур между корпусом и трубками. Это достигается поддержанием постоянного температурного режима, медленным разогревом и охлаждением теплообменника при остановке и пуске, одновременным пуском теплоносителя и нагреваемого продукта.

Теплоизоляция корпуса теплообменника также способствует решению этой задачи;

б) обеспечение независимых деформаций корпуса и пучка трубок. Это достигается использованием температурных компенсаторов, которые могут быть (см. рис.) в виде «плавающей головки» (теплообменники типа ТП), U-образных трубок (теплообменники типа ТУ), линз на кожухе (теплообменники типа ТЛ). Компенсацию температурных напряжений обычно применяют тогда, когда разность температур между кожухом и пучком труб превышает 50 градусов.

Если рабочую температуру в теплообменнике хотят повысить, температурное воздействие должно компенсироваться снижением рабочего давления. Для теплообменников из углеродистой стали соотношения между допустимыми значениями давления и температурой в аппаратах показаны в таблице 15.1.

Таблица 15.1.

Условное давление, МПа	Давление при гидравлическом испытании, МПа	Допустимое давление (МПа) при t_p °C			
		200	250	300	350
1,6	2,0	1,6	1,5	1,3	1,2
2,5	3,2	2,5	2,3	2,0	1,8
4,0	5,0	4,0	3,7	3,3	4,5
6,4	8,0	6,4	5,6	5,0	4,5

Нагреваемое горючее вещество может выйти наружу при вскрытии аппарата, не полностью освобожденного от продукта. Продукт и теплоноситель могут выйти наружу и в случае образования неплотностей во фланцевых соединениях штуцеров и крышек. При этом продукт разливается по полу (площадке), пропитывает теплоизоляцию, загрязняет трубопровод, арматуру и т. п. Чтобы избежать этих нежелательных явлений и быстрее ликвидировать последствия, предусматривают ряд мероприятий: контроль за герметичностью соединений; полное удаление горючей жидкости из аппарата перед остановкой на ремонт; очистку и продувку межтрубного и трубного пространства водяным паром; замену пропитанной горючими веществами теплоизоляции; размещение теплообменников на открытых площадках с твердым покрытием и уклонами для смывания водой разлившегося продукта; ограждение площадки сплошным бортиком для ограничения растекания разлившейся горючей жидкости (высота бортика должна быть не менее 0,15 м); оборудование теплообменников системами подачи пены или водяного пара для тушения возникшего пожара.

Охлаждение горючих жидких и газообразных продуктов осуществляется также в кожухотрубчатых теплообменниках (холодильниках). При этом в качестве охлаждающих агентов используют атмосферный воздух, речную воду и воду из артезианских скважин, холодильные рассолы, сжиженные газы, пары низкокипящих жидкостей, атмосферный воздух, речную воду и воду из артезианских скважин, холодильные рассолы, сжиженные газы, пары низкокипящих жидкостей.

Контрольные вопросы:

1. Что относится к тепловым процессам?
2. Классификация теплоносителей, применяемых для нагрева.
3. Виды нагрева водяным паром.
4. Методы снижения температурных напряжений.
5. Что используют в качестве охлаждающих агентов при процессе охлаждения?

Занятие 15-2. Пожарная безопасность процессов нагрева открытым пламенем и высокотемпературными теплоносителями.

В качестве высокотемпературных теплоносителей (ВТ) используются растворы солей, перегретая вода, металлы, расплавленные соли и смеси солей.

Использование ВТ позволяет нагревать какие-либо продукты до 300...400°C, то есть дает возможность без применения открытого огня получать достаточно высокие температуры для нагрева. С точки зрения пожарной безопасности предпочтение следовало чтобы отдать перегретой воде, но ее использование встречает затруднения: увеличение температуры воды связано с ростом давления, при котором осуществляется ее подача. Увеличивается стоимость теплообменной аппаратуры, опасность ее повреждения. Поэтому нагревание перегретой водой используют лишь в некоторых производствах. Различают три группы высокотемпературных теплоносителей.

Первая группа - жидкометаллические ВТ (литий, натрий, калий, ртуть, галлий, сплавы натрия и калия). В качестве ВТ металлы применяются в жидком и парообразном состоянии. Из всех ВТ жидкометаллические имеют наибольшую термическую стойкость. Однако они оказывают и самое агрессивное воздействие на конструкции. Пары жидкометаллических ВТ обладают высокой токсичностью, пары щелочных металлов - высокой пожаровзрывоопасностью. При рабочих температурах жидкометаллические ВТ интенсивно окисляются. Поэтому в парообразном состоянии их можно использовать лишь в герметичных установках, а в жидком состоянии - защитной атмосфере инертных газов.

Вторая группа - расплавленные соли и смеси солей ($TiCl_4$, смеси: $AlCl_3$ с $AlBr_3$, $NaNO_2$ с KNO_3 , $NaNO_2$ с KNO_3 и $NaNO_3$ и др.). Эти соединения обладают незначительной агрессивностью по отношению к металлам. Расплавленные соли наименее токсичны. Максимальная температура нагрева продуктов ограничивается термической стойкостью солей и не превышает 550 °C. Наиболее совершенным ВТ этой группы является нитритнитратная смесь, состоящая из 40% азотистокислого натрия, 7% азотнокислого натрия и 53% азотнокислого калия. Однако в пожарном отношении она очень опасна, так как при рабочей температуре легко окисляет и нитрует органические вещества, вызывая пожары и взрывы.

Третья группа - органические высокотемпературные теплоносители (ВОТ). Сюда входят минеральные масла, глицерин, дифенил, дифениловый эфир, ароматизированное масло и др.

ВОТ используют как в жидком, так и в парообразном состояниях в интервале от минус 40 до плюс 100° С. Они, как правило, не корродируют конструкционные материалы; по сравнению с жидкометаллическими ВТ менее термически стойки. Все ВОТ горючи и взрывоопасны, некоторые в процессе нагревания разлагаются, выделяя газообразные продукты, которые с воздухом образуют взрывоопасные смеси.

Несмотря на отмеченные недостатки, ВОТ получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. Чаще всего используются минеральные масла - компрессорное, цилиндрическое и др. Эти масла не являются дефицитом и имеют сравнительно низкую стоимость. Существенный их недостаток - низкая термическая стойкость (200...250°С). При разложении выделяются твердые частицы, загрязняющие теплообменные поверхности и создающие условия для прогара труб. Образуются и газообразные продукты, снижающие температуру вспышки масла. Из-за разложения масла появляется необходимость подпитки системы свежими порциями.

Масло АМТ-300 содержит больше ароматических соединений, чем обычные минеральные масла, что увеличивает его термическую стойкость. Однако АМТ-300 также разлагается, следствием чего является непрерывное снижение его температуры вспышки в процессе эксплуатации.

В настоящее время широкое применение нашли такие ВОТ, как дифенил, дифениловый эфир, дифенильная смесь, мобилтерм-600, тетрахлордифенил, дитоллилметан и др. Эти ВОТ позволяют при сравнительно небольших рабочих давлениях осуществлять нагревание веществ до 300...350°С.

Чаще всего используется эвтектическая смесь дифенила (26,5%) и дифенилоксида (73,5%) - даутерм. Смесь азеотропная (состав пара соответствует составу жидкости), имеет температуру кипения 258°С. Даутерм может долго эксплуатироваться при сохранении первоначальных свойств. Является самым изученным и распространенным ВОТ. Применяется как в жидком, так и в парообразном состоянии. До 400°С термически стоек, неядовит.

Обогрев с помощью ВОТ осуществляется либо по одноконтурной (рисунок 15.6), либо по двухконтурной (рисунок 15.7) схеме. Основные элементы одноконтурной установки - печь 1, теплообменные аппараты 2, насос 4 и система трубопроводов. В печи пламенем или электротоком ВОТ нагревается. Свое тепло он передает в теплообменниках нагреваемому веществу. С помощью насоса осуществляется циркуляция теплоносителя в системе.

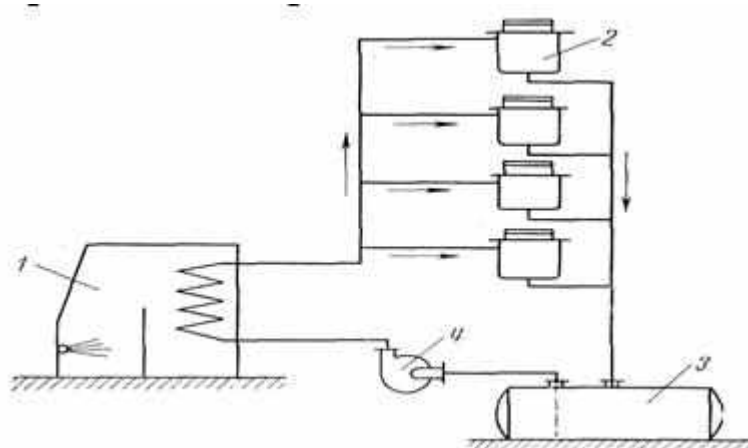


Рисунок 15.6. Схема одноконтурной системы обогрева ВОТ:

1 - печь для нагревания ВОТ; 2 - теплообменные аппараты;
3 - сборник отработанного теплоносителя; 4 - циркуляционный насос

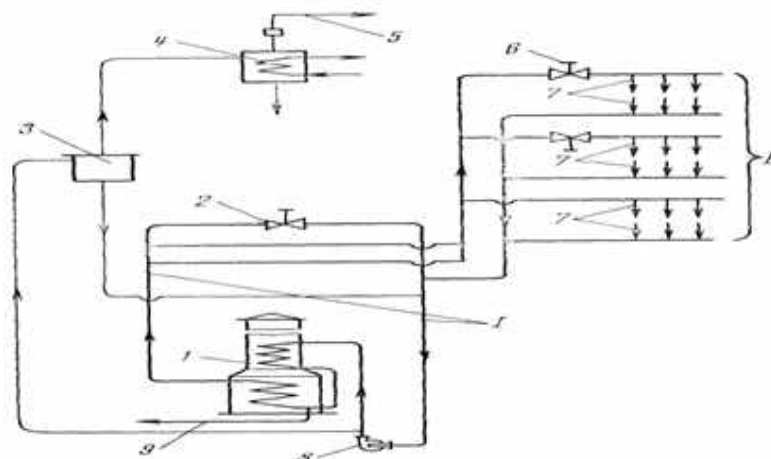


Рисунок 15.7. Схема двухконтурной системы обогрева ВОТ:

I - первый контур циркуляции; II - второй контур циркуляции; 1 - топка для нагревания ВОТ; 2, 6 - редукционные клапаны; 3 - подпиточный и расширительный бачки; 4 - конденсатор для улавливания паров, стравливаемых в атмосферу; 5 - выброс в атмосферу; 7 - потребители тепла ВОТ; 8 - циркуляционный насос; 9 - линия аварийного слива

В двухконтурной схеме к замкнутому контуру котлоагрегата I подключен второй контур II, непосредственно питающий потребителей тепла ВОТ.

Более сложны по устройству системы обогрева парами ВОТ. На рисунке 15.8 приведена схема нагревания аппаратов парами дифенильной смеси. Пары ВОТ, получаемые в котле 1, подаются в паровые рубашки аппаратов 6, в которых нагревается продукт. Пары отдают свое тепло и конденсируются. Жидкость через конденсатоотводчики 9 поступает в магистраль 10, по которой насосом возвращается в котел. Стравливаемые из котла предохранительным клапаном пары и пары, не сконденсировавшиеся в аппаратах, охлаждаются и конденсируются в конденсаторах 4 и 7 и возвращаются в систему.

Все ВОТ являются горючими жидкостями. В условиях эксплуатации нагреваются значительно выше температуры вспышки, но ниже температуры самовоспламенения.

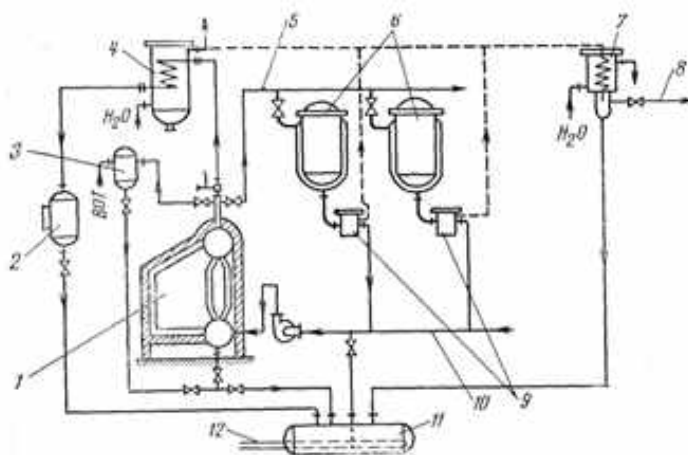


Рисунок 15.8. Схема обогрева парами ВОТ (дифенильной смеси):

- 1 - котел для нагревания дифенильной смеси; 2 - сборник; 3 - подпиточный бак;
 4 - конденсатор на линии от предохранительного клапана котла; 5 - паровая магистраль ВОТ;
 6 - аппараты; 7 - конденсатор; 8 - линия к вакуум-насосу; 9 - конденсатоотводчики;
 10 - обратная магистраль ВОТ; 11 - сборник; 12 - подогреватель сборника

При нормальном режиме эксплуатации взрывоопасные концентрации ВОТ внутри аппаратов образоваться не могут, так как системы герметичны и полностью заполнены жидкостью или ее паром, а рабочее давление выше атмосферного. Однако пожарная опасность может возникнуть в случае появления неисправностей и повреждений, приводящих к выходу ВОТ из системы (повышение давления, прогар труб, коррозия).

Специфичность использования ВОТ заключается в термической стойкости теплоносителя. Более опасен тот теплоноситель, который менее термически стоек, так как в результате разложения образуется большое количество газообразных и твердых продуктов, что приводит к изменению физико-химических и пожароопасных свойств теплоносителя, повышению давления в системе, прогару труб и т. п. Так, при длительном использовании масла АМТ-300 без удаления продуктов термического разложения температура вспышки его может снизиться с 176 до 60°C, а иногда и до 40°C, т. е. масло из разряда ГЖ переходит в разряд ЛВЖ. При этом температура самовоспламенения также уменьшается с 330 до 230°C, т. е. становится ниже рабочей температуры в системе.

Из рассмотренных выше ВОТ хорошей термической стойкостью обладают дифенил, дифениловый эфир и их смесь (даутерм).

Меры пожарной профилактики при использовании ВОТ заключаются в следующем:

1. Нагревание ВОТ в теплоагрегатах ведут в «мягких» условиях: теплоноситель подают в зону наименьшей температуры, в конвекционную часть змеевика, а затем уже в радиантные трубы. За температурой ВОТ и продуктов сгорания в топке ведется контроль, осуществляется автоматическое регулирование.
2. Продукты термического разложения ВОТ систематически выводятся из системы через расширительный бак, который находится под защитой азота,

чтобы теплоноситель не соприкасался с воздухом. Контакт с воздухом способствует разложению ВОТ.

3. Ведется систематический контроль пожаровзрывоопасных свойств теплоносителя (температуры вспышки, температуры самовоспламенения).

4. Для улавливания твердых продуктов разложения устанавливаются фильтры; трубы котлов регулярно очищают от отложений.

5. При остановке системы жидкость спускают во избежание образования пробок. Трубопроводы защищают теплоизоляцией.

6. Котлоагрегаты защищают предохранительными клапанами.

7. Обеспечивают герметичность соединений путем сварки, использованием термостойких и плотных прокладок, уплотнений, сальников.

8. Котлоагрегаты размещают в изолированных помещениях - котельных.

9. Установку оборудуют системой аварийного слива.

10. Выносят в обособленное помещение расширительные баки, емкости, насосы, оборудование для подпитки котлов свежими ВОТ. Защищают их системами пенного или порошкового тушения. В топочное пространство котлоагрегатов и к дымовой трубе подводят водяной пар.

Контрольные вопросы:

1. Что обычно используют в качестве высокотемпературных теплоносителей?

2. Какие вещества относятся к третьей группе высокотемпературных теплоносителей?

3. В чем заключается специфичность применения органических высокотемпературных теплоносителей?

4. В чем заключаются меры пожарной профилактики при использовании ВОТ?

Тема 16. Пожарная безопасность процесса ректификации.

Занятие 16-1. Устройство и работа ректификационной колонны.

Учебные вопросы:

1. ***Сущность процесса ректификации. Устройство и работа ректификационных колонн.***

2. ***Принципиальная схема непрерывно действующей ректификационной установки.***

1. Сущность процесса ректификации. Устройство и работа ректификационных колонн

Ректификация - сложный массотеплообменный процесс разделения жидких смесей, состоящих из нескольких взаиморастворимых компонентов. Ректификация основана на многократном частичном испарении жидкости и конденсации ее паров или на однократном испарении смеси с последующей многоступенчатой конденсацией компонентов.

Ректификация - наиболее совершенный и распространенный способ перегонки растворов. Перегонка основана на различной температуре кипения компонентов жидкости. Так, если жидкость является бинарной, то есть состоит

из двух компонентов, например бензола с температурой кипения 80°C и толуола с температурой кипения 110°C , то при перегонке этой жидкости пар будет содержать большее количество низкокипящего компонента (бензола). Следовательно, в процессе перегонки жидкая фаза обедняется, а паровая фаза обогащается низкокипящим компонентом (бензолом).

Ректификация позволяет производить глубокое разделение смесей и получать компоненты в чистом виде. Она нашла широкое применение в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности.

Ректификация представляет собой процесс многократного частичного испарения жидкости и конденсации паров. При каждом цикле «испарение - конденсация» из жидкости испаряется преимущественно низкокипящий (летучий) компонент, которым обогащаются пары, а из паров конденсируется преимущественно высококипящий компонент (труднолетучий), переходящий в жидкость. Такой процесс обмена компонентами между жидкостью и паром, повторяемый многократно, в конечном счете позволяет получить пары почти чистого низкокипящего компонента. Эти пары после конденсации в отдельном аппарате дают готовый продукт - ректификат. Остаток жидкости после испарения из него низкокипящего компонента представляет собой почти чистый высококипящий компонент.

Ректификация осуществляется в специальных аппаратах - ректификационных колоннах, которые являются основными элементами ректификационных установок.

Ректификационные колонны сложны по устройству, имеют большие габариты, пожаровзрывоопасны. Чтобы правильно оценить их пожаровзрывоопасность и обеспечить противопожарную защиту, следует знать их устройство, понимать суть процессов, в них происходящих.

Сущность процессов перегонки и ректификации рассмотрим на примере разгонки смеси бензол - толуол (с использованием графических зависимостей состава пара и жидкости от температуры кипения раствора): диаграммы t - x , y (температура - состав) и диаграммы y - x (состав пара - состав жидкости).

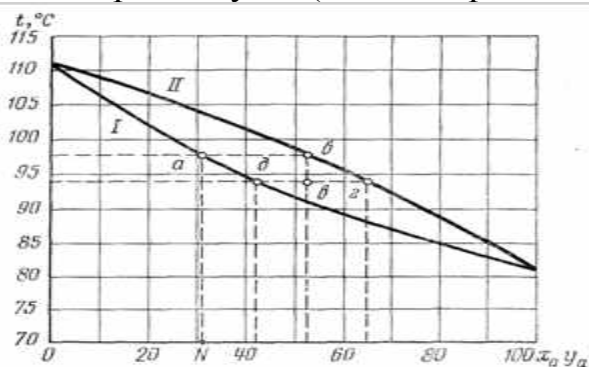


Рисунок 16.1. Изобарные кривые кипения и конденсации паров:

I - кривая кипения раствора; II - кривая конденсации пара;
 x_a - молекулярная доля легкокипящего компонента (бензола); y_a - молекулярная доля легкокипящего компонента в паровой фазе

На рисунке 16.1 представлена диаграмма $t - x, y$ для смеси бензол - толуол. Диаграмма имеет две ветви: нижняя представляет линию кипения жидкости, каждая точка которой отвечает температуре кипения смеси состава x ; а верхняя - представляет линию конденсации пара, каждая точка которой отвечает температуре конденсации пара состава y_a . По оси ординат отложена температура в градусах Цельсия, по оси абсцисс - молекулярная доля бензола (легкокипящего компонента) в растворе x_a и молекулярная доля бензола в паровой фазе y_a .

При пользовании диаграммой $t - x, y$ на оси абсцисс находят состав жидкой смеси x_a и из этой точки проводят вертикаль до пересечения с линией кипения. Точка пересечения указывает температуру кипения этой смеси. Если провести горизонталь до пересечения с линией конденсации, абсцисса точки пересечения укажет состав равновесного пара y_a .

Например, пусть жидкость имеет концентрацию бензола 32% мольных (точка N). Процесс нагревания идет по вертикали до пересечения с линией кипения. В точке a жидкость закипит при 98°C . Образующийся равновесный пар будет иметь концентрацию, соответствующую точке b , находящейся на кривой конденсации. Абсцисса этой точки равна 53% мольным. Значит, $y_a = 53\%$ мольных. Следовательно, при кипении раствора образующийся пар богаче легколетучим компонентом (по сравнению с кипящей жидкостью).

Если получающиеся при кипении пары отбирать и конденсировать, можно достигнуть частичного разделения раствора. Такое разделение растворов называют простой перегонкой.

Если получающийся при кипении пар частично сконденсировать, жидкость получающаяся при конденсации, и оставшийся несконденсированным пар будут иметь разный состав. Пар будет содержать больше легкокипящего компонента, чем конденсат. Следовательно, при частичной конденсации происходит обогащение оставшегося (несконденсированного) пара легколетучим компонентом.

Допустим, исходный пар (рисунок 1) имеет концентрацию бензола 53% мольных (точка b на кривой II). Охладим его до 94°C (точка v). При этом часть пара сконденсируется; получится дистиллят, концентрация которого будет равна 43% мольным (точка d на кривой I). Оставшийся пар будет иметь концентрацию бензола 65% мольных (точка z на кривой II). Этот процесс, называемый перегонкой с дефлегмацией пара, также позволяет достигнуть частичного разделения растворов.

При расчетах процессов ректификации обычно используют кривые фазового равновесия в виде диаграмм $y - x$ (состав пара - состав жидкости). На рисунке 16.2 представлена диаграмма $y - x$ для жидкостей, растворимых в любых отношениях (типа бензол - толуол). По оси ординат откладывают мольную концентрацию легколетучего компонента в паре, по оси абсцисс - мольную концентрацию легколетучего компонента в жидкости. Диаграмму $y - x$ можно построить, используя диаграмму $t - x, y$. Для ряда значений концентраций

x_a находят соответствующие равновесные значения концентраций y_a (необходимо из точки на абсциссе, соответствующей x_a , по вертикали подняться до пересечения с кривой кипения I; по горизонтали следует дойти до кривой конденсации II, а затем опуститься по вертикали до оси абсцисс и прочесть значение y_a). Полученные точки наносят на диаграмму y - x и соединяют плавной кривой.

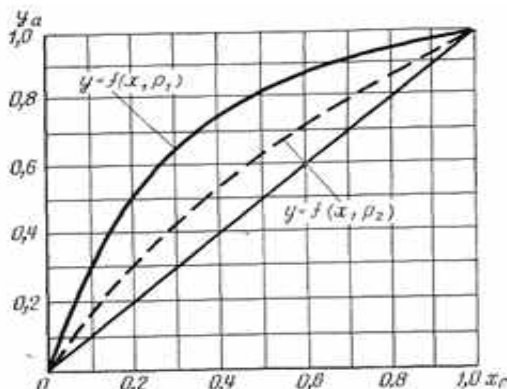


Рисунок 16.2. Кривые равновесия фаз ($p_2 > p_1$):

x_a – молекулярная доля легкокипящего компонента в растворе;

y_a – молекулярная доля легкокипящего компонента в паровой фазе

Применительно к идеальным растворам (подчиняющимся закону Рауля) кривые фазового равновесия можно построить на основе расчета. Для каждой температуры кипения раствора определяют молекулярную концентрацию легкокипящего компонента в растворе по уравнению

$$x_a = \frac{P_{общ} - P_b}{P_a - P_b} \quad (16.1)$$

где P_a и P_b – давление насыщенного пара компонентов a и b над чистой жидкостью; $P_{общ}$ – общее давление пара над раствором, равное сумме парциальных давлений его компонентов.

По значению x_a определяют парциальное давление легкокипящего компонента в паре:

$$P_a' = P_a x_a \quad (16.2)$$

По величине парциального давления находят молекулярную концентрацию легкокипящего компонента в паре:

Найденные значения x_a и y_a наносят на график диаграммы y - x и получают плавную кривую.

При расчетах процессов ректификации обычно используют диаграммы y - x , соответствующие атмосферному давлению. При других давлениях каждому значению давления соответствует своя кривая равновесия.

2. Принципиальная схема непрерывно действующей ректификационной установки

На рисунке 16.3 представлена принципиальная схема ректификационной установки непрерывного действия. Исходная смесь, подлежащая

ректификации, из емкости 1 насосом 2 подается в напорный бак 4, откуда самотеком поступает в подогреватель 5 или трубчатую печь 6 - в зависимости от температуры кипения смеси. Если имеется регулятор давления 3, то напорный бак в схеме может отсутствовать.

В подогревателе 5 (или печи 6) исходная смесь нагревается до кипения.

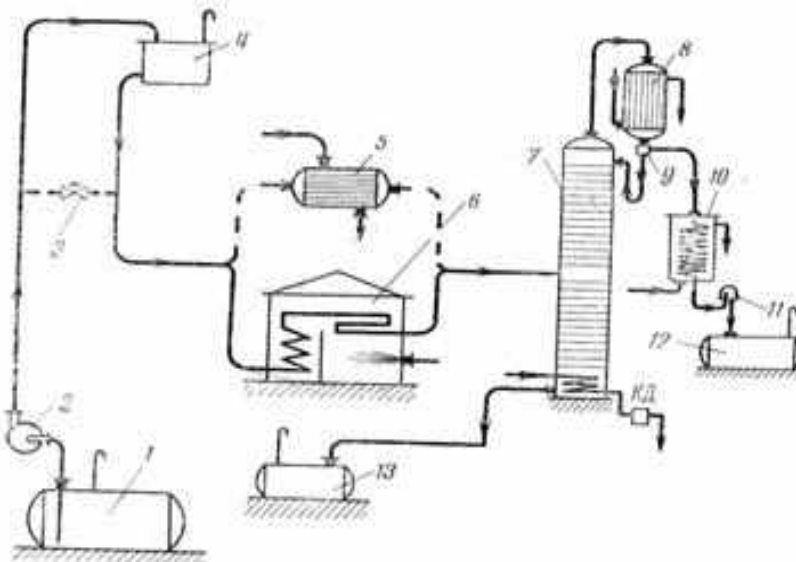


Рисунок 16.3. Схема непрерывно действующей ректификационной установки:

1 - емкость начальной смеси; 2 - насос; 3 - регулятор давления; 4 - напорный бак; 5 - паровой подогреватель; 6 - трубчатая печь; 7 - ректификационная колонна; 8 - дефлегматор; 9 - сепаратор; 10 - конденсатор-холодильник; 11 - смотровой фонарь; 12 - сборник ректификата; 13 - сборник высококипящего продукта (остатка)

В качестве подогревателей используются кожухотрубчатые теплообменники. Обогрев ведется водяным паром. Смесь подается в трубки, пар - в межтрубное пространство. Если температура кипения смеси высокая, применяется нагрев в трубчатых печах. В этом случае смесь подается сначала в конвекционный, а затем в радиантный змеевик.

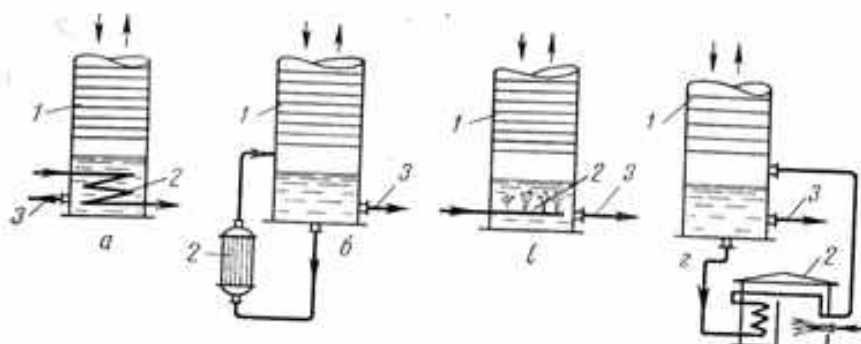


Рисунок 16.4. Способы обогрева отгонной части колонны:

а - внутренние змеевиковые подогреватели; б - выносные кожухотрубчатые подогреватели; в - внутренние подогреватели барботажного типа; г - выносные подогреватели в виде огневых трубчатых печей; 1 - колонна; 2 - подогреватель; 3 - линия отвода высококипящего продукта

Подогретая до кипения смесь направляется в эвапорационный объем колонны 7 (на питательную тарелку), откуда перетекает на нижележащие

тарелки, на каждой из которых взаимодействует с поднимающимся вверх паром.

Для получения пара используются встроенные в куб кипятильники, выносные кипятильники или трубчатые печи. Схемы обогрева нижней (кубовой) части ректификационных колонн показаны на рисунке 16.4. Как видно из рисунка, в целях обогрева могут использоваться внутренние змеевики а, в которые подается греющий пар. Выносные кожухотрубчатые теплообменники б, применяемые в качестве подогревателей (кипятильников), также обогреваются глухим паром. Иногда для нагревания куба применяются внутренние барботеры в, в которых подается острый пар. Если невозможно обеспечить кипение с помощью указанных способов нагрева (в случае высокой температуры кипения жидкости в кубе), используют трубчатые печи г.

В верхней части колонны поднимающийся пар контактирует со стекающей вниз флегмой, увеличивает концентрацию легколетучего компонента до концентрации флегмы и покидает колонну, из верхней ее части направляясь в дефлегматор 8 (рисунок 5). Дефлегматор представляет собой кожухотрубчатый теплообменник, охлаждаемый холодной водой или другими холодильными агентами. В результате теплообмена пар конденсируется, отдавая теплоту конденсации холодному теплоносителю.

Но в дефлегматоре конденсируется только часть пара, необходимая для получения флегмы, которой орошается верхняя (укрепляющая) часть колонны. Эта флегма в сепараторе 9 отделяется от несконденсировавшегося пара и через колено (гидрозатвор) поступает на верхнюю (распределительную) тарелку для орошения колонны.

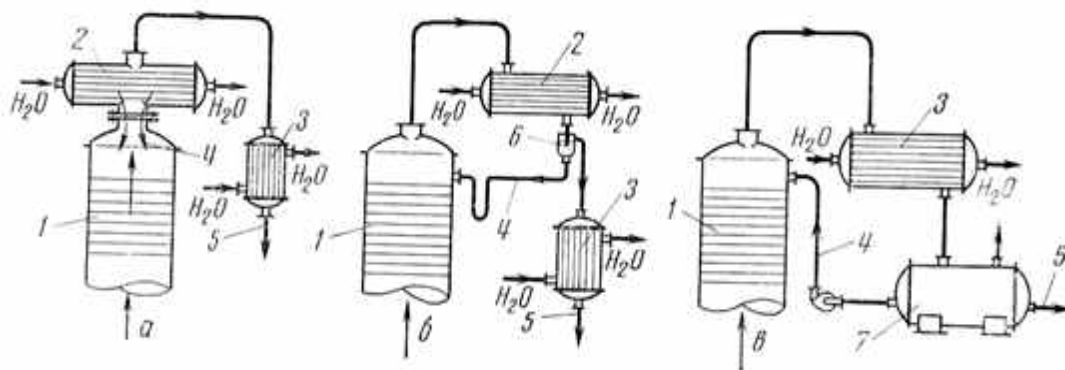


Рисунок 16.5. Схема орошения колонн флегмой:

а - горячее орошение с дефлегматором на колонне; б - горячее орошение с отдельно расположенным дефлегматором; в - холодное орошение; 1 - колонна; 2 - дефлегматор; 3 - конденсатор-холодильник; 4 - подача флегмы; 5 - ректификат; 6 - сепаратор; 7 - емкость

Схемы орошения верха ректификационных колонн могут быть различными (рисунок 16.5). Применяется горячее и холодное орошение. При горячем орошении дефлегматор устанавливается либо непосредственно на колонне а, либо в дефлегматоре конденсируется не весь пар, а только часть его, необходимая для получения флегмы б. При холодном орошении конденсируется весь пар, и конденсат, охлаждаясь в конденсаторе-

холодильнике до заданной температуры, направляется в емкость готового продукта. Из этой емкости часть продукта насосом подается в качестве флегмы на орошение верха колонны.

Горячее орошение предпочтительнее холодного по экономическим соображениям. Поэтому холодное орошение применяют редко - для высокопроизводительных колонн, расположенных на открытых площадках.

Несконденсировавшийся в дефлегматоре 8 (рисунок 16.3) пар в сепараторе 9 отделяется от флегмы и поступает в конденсатор-холодильник 10, где полностью конденсируется. Получившийся ректификат охлаждается до заданной температуры. Охлаждение в конденсаторе-холодильнике обычно осуществляется водой. Ректификат через смотровой фонарь 11 направляется в сборник готового продукта (ректификата) 12. В сборник 13 постоянно отводится и высококипящий продукт из куба колонны (кубовый остаток).

При разделении многокомпонентных смесей, когда выделяется три и более фракции, технологическая схема усложняется. В этих случаях применяется не одна, а несколько последовательно работающих колонн.

Контрольные вопросы:

- 1. Что представляет собой процесс ректификации?*
- 2. Принцип работы непрерывно действующей ректификационной установки?*
- 3. Что такое ректификат?*
- 4. Как происходит орошение ректификационных колонн флегмой?*

Занятие 16-2. Особенности пожарной опасности процесса ректификации

Пожаровзрывоопасность ректификационных установок характеризуется следующими факторами; пожаровзрывоопасными свойствами обращающихся в них веществ, их количеством, режимом работы установки (температурой, давлением).

Обычно на ректификационных установках происходит разделение горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, горючих сжиженных газов. В этом случае пожаровзрывоопасны и ректификат, и остаток. При разделении разбавленных водных растворов (например, раствора спирта в воде) исходная смесь и остаток могут быть непожароопасными, а готовый продукт обладать пожаровзрывоопасными свойствами (спирт-ректификат).

Количество горючих веществ, обращающихся в ректификационной установке, зависит от ее производительности. Для обеспечения высокой производительности применяются аппараты большого объема, увеличивается их число. Технологическая схема строится в несколько параллельных линий (потоков).

Производительность установки обычно задается количеством ректификата (готового продукта), который нужно получить в единицу времени, либо количеством самой смеси, которую следует переработать в единицу времени. Для оценки пожарной опасности процесса следует знать количество и свойства всех обращающихся в установке веществ: исходной смеси,

ректификата, флегмы, кубового остатка. Пожаровзрывоопасные свойства этих веществ могут существенно различаться.

Между количеством исходной смеси $G_{см}$, ректификата $G_{рек}$ и кубового остатка $G_{ост}$ существует зависимость, которая может быть выражена формулой

$$G_{см} = G_{рек} + G_{ост} \quad (16.3)$$

Это уравнение материального баланса ректификационной установки. По аналогии с (16.3) составим уравнение баланса легколетучего компонента:

$$G_{см}a_{см} = G_{рек}a_{рек} + G_{ост}a_{ост} \quad (16.4)$$

где $a_{см}$, $a_{рек}$, $a_{ост}$ - содержание легколетучего компонента соответственно в смеси, ректификате и кубовом остатке. Эти величины известны; они задаются в задании на разработку колонны.

Таким образом, задаваясь производительностью установки по ректификату или исходной смеси и решая совместно уравнения (16.3) и (16.4), можно определить два других члена уравнения (16.4).

В кубовой части крупногабаритных колонн и на тарелках может находиться большое количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, исчисляемое тоннами и десятками тонн (например, при перегонке нефти в колонне средней производительности одновременно находится до 20 т ЛВЖ и ГЖ).

Пожароопасные вещества находятся не только в колонне, но и в других аппаратах ректификационной установки: теплообменниках, сборниках, промежуточных емкостях, емкостях орошения и др. Это следует учитывать при оценке пожаровзрывоопасности конкретной ректификационной установки.

Основными технологическими параметрами процесса ректификации являются давление и температура, которые тесно взаимосвязаны: чем выше давление, применяемое при разделении какой-либо смеси, тем выше и температура.

В большинстве случаев ректификацию проводят под небольшим давлением (0,12...0,7 МПа), в некоторых случаях - под повышенным давлением или под вакуумом.

Температура и давление по высоте колонны не остаются постоянными: максимальное значение они имеют в нижней части колонны, минимальное - в верхней части колонны. Температура верха колонны примерно равна температуре кипения легкокипящего компонента (ректификата) при рабочем давлении в верхней части колонны. Температура низа колонны равна температуре кипения высококипящего компонента (кубового остатка) при рабочем давлении в нижней части колонны.

При оценке пожарной опасности и разработке основных мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности процессов ректификации, необходимо учитывать специфику основных периодов эксплуатации ректификационных колонн: пуска колонн в работу, установившейся работы и остановки колонн.

В период установившегося режима работы, характеризующегося

постоянством расхода и состава исходной смеси, ректификата и остатка, а также температуры и давления в колонне, образование горючих концентраций внутри колонны исключено, так как воздуха в колонне нет (в ней только жидкость и ее пары). Кроме того, температура кипения жидкости на тарелках всегда выше верхнего температурного предела воспламенения.

Главная опасность в период нормальной работы колонн связана с возможностью выхода наружу горючих паров и флегмы при появлении неплотностей, повреждений, разгерметизации соединений и уплотнений. Последствия утечки зависят от места повреждения, от рабочей температуры в колонне и температуры самовоспламенения выходящего наружу вещества. По соотношению величины рабочей температуры t_p и температуры самовоспламенения $t_{св}$ разгоняемых веществ колонны можно условно разделить на две группы.

Первая группа - колонны, в которых рабочая температура ниже температуры самовоспламенения веществ: $t_p < t_{св}$. К этой группе относятся колонны для выделения спиртов, эфиров, ароматических углеводородов, бензина и т.п. При выходе наружу веществ могут образоваться пожаровзрывоопасные концентрации, для воспламенения которых необходим внешний источник зажигания. В частном случае при выделении из слабых водных растворов, например, метилового спирта, этилового спирта, ацетона и т.п., пожарная опасность будет связана с верхней частью колонны, где находится почти чистый легкокипящий компонент - спирт, ацетон и т.п. Низ колонны не будет пожаровзрывоопасен, так как выходящий продукт будет представлять почти чистую воду или очень слабый негорючий водный раствор.

Вторая группа - колонны, в которых рабочая температура выше температуры самовоспламенения веществ. К этой группе относятся колонны для разгонки мазутов, продуктов крекинга нефти и газа, каменноугольных и древесных смол и т. п. У этих колонн опасен низ, так как из нижней части таких колонн выходит продукт, воспламеняющийся при соприкосновении с воздухом. Верхнюю часть таких колонн надо рассматривать как колонну первой группы, так как $t_p < t_{св}$.

Выше мы отметили, что главная опасность при нормальной работе ректификационных установок связана с возможностью выхода горючих веществ в результате разгерметизации соединений и уплотнений, появления неплотностей, повреждений.

Корпус колонны чаще всего изготавливается цельносварным, но бывают колонны, собранные из элементов: отдельные царги соединяются друг с другом посредством фланцев с уплотнительными прокладками. Колонны имеют большое количество люков, лазов, смотровых окон, патрубков для присоединения трубопроводов, контрольных приборов, регулирующих и защитных устройств и т.д. Все эти места опасны тем, что могут быть причиной утечек продукта.

Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется пожаровзрывоопасность ректификационных установок?
2. Чем задается производительность установки обычно?
3. Что относится к основными технологическими параметрами процесса ректификации?
4. С чем связана главная опасность в период нормальной работы колонн?

Тема 17. Пожарная безопасность процессов сорбции и рекуперации.

Занятие 17-1. Пожарная безопасность процессов абсорбции.

Учебные вопросы:

1. *Сущность процессов сорбции.*
2. *Технологическая схема процесса абсорбции.*

1. Сущность процессов сорбции

Сорбция - поглощение газов, паров и растворенных веществ твердыми телами и жидкостями. Различают следующие виды сорбции: адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию, капиллярную конденсацию.

Сорбционные процессы широко применяются в промышленности для очистки химических продуктов, газов и т.п.

Процессы сорбции, как правило, обратимы. На этом свойстве основано выделение поглощенных веществ с помощью процессов десорбции. Поглотители, применяемые для осуществления процессов сорбции, называются сорбентами. Газовые и парогазовые смеси, поступающие на сорбцию, и вещества, используемые в качестве сорбентов, часто бывают горючими; сорбционные установки в этих случаях отличаются пожаровзрывоопасностью.

Рекуперация - метод улавливания или выделения органических растворителей с целью их повторного использования. Распространенный способ рекуперации в технологии - конденсация паров растворителя или их поглощение жидким или твердым сорбентом. Установки, связанные с процессом рекуперации, также отличаются повышенной пожаровзрывоопасностью.

Абсорбция - поглощение веществ из смеси газов жидкостью. Абсорбция (в отличие от адсорбции) происходит во всем объеме поглотителя - абсорбента.

В промышленности процессы абсорбции широко применяются для решения следующих задач: извлечения ценных компонентов из газовых смесей (например, извлечения аммиака, паров бензола и других веществ из коксового газа); очистки газовых смесей от вредных примесей (например, очистки природного газа от сероводорода, для санитарной очистки выпускаемых в атмосферу отходящих газов от сернистого ангидрида и т.д.); как основная технологическая стадия ряда важнейших производственных процессов (например, абсорбция сернистого ангидрида в производстве серной кислоты; абсорбция хлористого водорода в производстве соляной кислоты и т.д.).

Абсорбенты обладают свойством селективности (избирательности). Это значит, что каждый абсорбент лучше всего поглощает какие-то определенные газы и пары; другие составляющие газовой смеси им не поглощаются совсем или поглощаются незначительно. Газовая смесь, поступающая на абсорбцию, называется абсорбтивом.

Основным законом равновесия системы газ-жидкость является закон Генри, согласно которому в состоянии равновесия парциальное давление p растворенного газа над раствором пропорционально его мольной доле x в растворе:

$$p = \psi x \quad (17.1)$$

где ψ - коэффициент пропорциональности, носящий название коэффициента Генри (константа Генри).

Из этого выражения следует, что

$$x = \frac{1}{\psi} p \quad (17.2)$$

То есть растворимость газа (или поглощаемого компонента) в жидкости при данной температуре пропорциональна его парциальному давлению над жидкостью.

Коэффициент Генри зависит от природы растворяемого вещества и температуры. С повышением температуры величина ψ увеличивается и, следовательно, растворимость газов в жидкостях уменьшается. С повышением давления в системе растворимость газа в жидкости увеличивается - это следует из второго выражения. Таким образом, процессы абсорбции целесообразно вести при пониженной температуре и повышенном давлении.

Движущей силой процесса абсорбции, обуславливающей переход вещества из газа в жидкость, является разность между рабочими концентрациями компонента в газе и концентрациями этого компонента в условиях равновесия.

Текущие значения равновесных концентраций можно определить, совместно рассмотрев закон Генри и закон Дальтона, согласно которым парциальное давление компонента в газовой смеси p_v условиях равновесия равно общему давлению $p_{\text{общ}}$, умноженному на мольную долю этого компонента y , то есть

$$p = p_{\text{общ}} y \quad (17.3)$$

Из первого и третьего выражения следует, что

$$y = \frac{\psi}{p_{\text{общ}}} x = mx \quad (17.4)$$

где m - константа фазового равновесия процесса абсорбции.

Данное уравнение есть уравнение линии равновесия процесса абсорбции. Это уравнение при невысоких концентрациях растворенного газа в абсорбенте

представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат и имеющую угол наклона, тангенс которого равен m (рисунок 17.1, прямая OC).

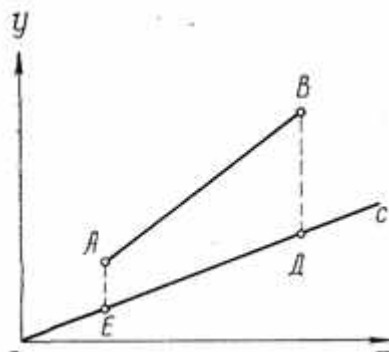


Рисунок 17.1 Равновесная (OC) и рабочая (AB) линии процесса абсорбции

Рабочую линию абсорбции находят из уравнения материального баланса. Пусть (рисунок 17.2) жидкая фаза $G_{\text{ж}}$ подается на абсорбцию сверху с начальной концентрацией $x_{\text{н}}$ и выходит из аппарата с концентрацией $x_{\text{к}} > x_{\text{н}}$; газовая фаза $G_{\text{г}}$ входит в аппарат внизу с концентрацией $y_{\text{н}}$ и уходит из аппарата вверху с концентрацией, $y_{\text{к}} < y_{\text{н}}$. Уравнение материального баланса можно записать:

$$G_{\text{г}}(y_{\text{н}} - y_{\text{к}}) = G_{\text{ж}}(x_{\text{к}} - x_{\text{н}}) = G_{\text{погл}} \quad (17.5)$$

где $G_{\text{г}}$ - количество газовой или паровой смеси, поступающей на абсорбцию; $y_{\text{н}}$, $y_{\text{к}}$ - начальная и конечная концентрации поглощаемого компонента в газе; $G_{\text{ж}}$ - количество абсорбента, используемое для поглощения извлекаемого компонента; $x_{\text{н}}$, $x_{\text{к}}$ - начальная и конечная концентрации поглощаемого компонента в абсорбенте; $G_{\text{погл}}$ - количество поглощенного газа или пара.

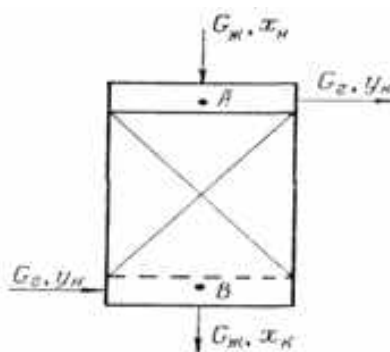


Рисунок 17.2. Схема процесса абсорбции в противоточном аппарате

Это уравнение можно переписать в следующем виде:

$$y_{\text{н}} - y_{\text{к}} = l(x_{\text{к}} - x_{\text{н}}) \quad (17.6)$$

Уравнение показывает, что изменение рабочих концентраций при абсорбции происходит линейно и рабочая линия процесса абсорбции представляет прямую (AB на рисунке 17.1) с углом наклона, тангенс которого равен удельному расходу абсорбента: $l = G_{\text{ж}}/G_{\text{г}}$. Рабочую линию легко построить по точкам A и B .

2. Технологическая схема процесса абсорбции

В промышленности процессы абсорбции обычно идут в аппаратах колонного типа, которые называются абсорберами, или скрубберами. На рисунке 17.3 показаны схемы насадочного и тарельчатого абсорберов. Конструктивно они мало чем отличаются от ректификационных колонн соответствующего типа. Используются также абсорберы с разбрызгиванием, пленочные и поверхностные.

Процесс десорбции, то есть выделения поглощенного газа из абсорбента, проводят отгонкой в токе инертного газа или водяного пара, путем подвода тепла к абсорбенту и путем снижения давления над абсорбентом. Освобожденный от поглощенного газа абсорбент охлаждается и снова возвращается в абсорберы

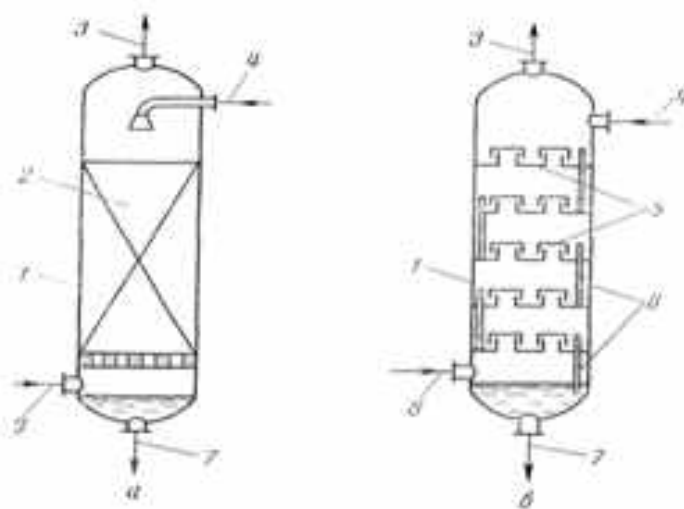


Рисунок 17.3 Схемы насадочных и тарельчатых абсорберов:

а - абсорбер с насадкой; б - абсорбер с колпачковыми тарелками;

1- корпус; 2 - насадка; 3 - отвод абгазов; 4 - ввод абсорбента; 5 - патрубки с колпачками, 6 - сливные трубки; 7 - выход отработанного абсорбента; 8 - ввод абсорбтива (газа)

Принципиальная технологическая схема абсорбционной установки представлена на рисунке 17.4. Пусть поступающая газовая смесь (абсорбтив) состоит из трех компонентов: А, В и С. Из смеси необходимо выделить в чистом виде компонент А. Подбирается соответствующий абсорбент, который насосом подается в верхнюю часть последнего (по ходу движения газа) абсорбера. Газовая смесь 8 сжимается компрессором до рабочего давления, охлаждается и подается последовательно через все абсорберы, в которых осуществляется ее контакт с абсорбентом. В результате контакта поглощаемый компонент А извлекается из газовой смеси в абсорбент, а непоглощенные компоненты В и С из последнего абсорбера направляются на утилизацию или выбрасываются в атмосферу.

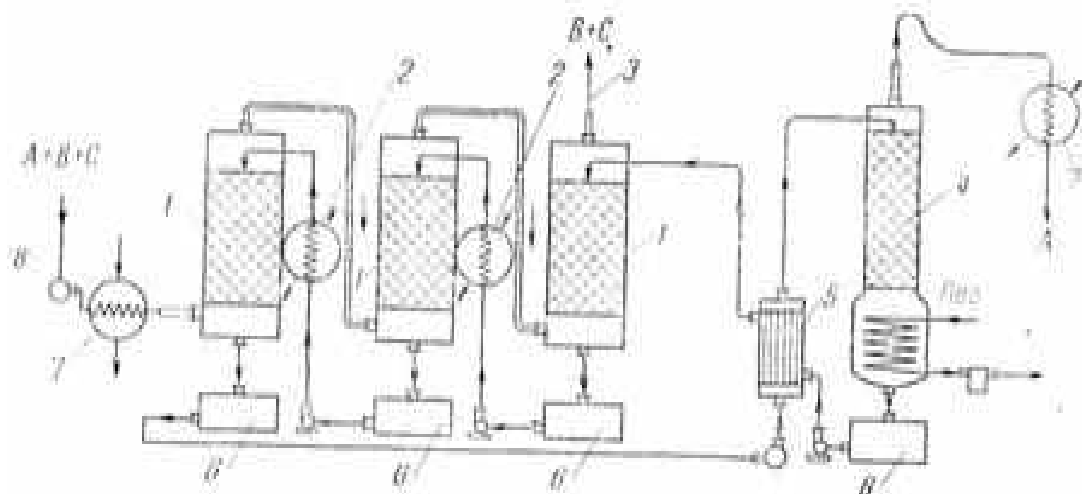


Рисунок 17.4. Схема абсорбционной установки:

1 - абсорберы; 2 - холодильники абсорбента; 3 - отвод газов (В, С); 4 - десорбер; 5 - подогреватель; 6 - сборник абсорбента; 7 - холодильник; 8 - ввод абсортива

Абсорбент из первого по ходу движения газов абсорбера подается на десорбцию в насадочную ректификационную колонну 4, в которой освобождается от компонента А и вновь возвращается в процесс через теплообменник 5. Чистый компонент А отбирается из холодильника (после ректификационной колонны).

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой процесс абсорбции?
2. Какие вещества относятся к абсорбентам?
3. Принцип работы насадочных и тарельчатых абсорберов?
4. Что такое процесс десорбции?

Занятие 17-2. Пожарная безопасность процессов адсорбции и рекуперации.

Учебные вопросы:

1. Сущность процесса адсорбции.
2. Технологическая схема процесса адсорбции.

1. Сущность процесса адсорбции

Адсорбция - поглощение (концентрирование) веществ из растворов или газов на поверхности твердого тела. Адсорбируемое вещество (то, которое получается в результате адсорбции) называется адсорбатом; тело, на котором происходит адсорбция, - адсорбентом. Адсорбция применяется для очистки воды, газов, в вакуумной технике и др. Адсорбенты обладают избирательными свойствами и обратимостью, благодаря чему имеется возможность, выделять поглощенные ими вещества путем десорбции.

Адсорбция широко используется в промышленности при очистке и осушке газов, разделении смеси газов или паров, в частности при извлечении летучих растворителей из смесей их с воздухом или другими газами. Особое значение адсорбция имеет при решении проблемы улавливания отработанного

растворителя и возвращения его в технологический цикл, то есть для осуществления процесса рекуперации. Рекуперация обеспечивает сокращение безвозвратных потерь ценных растворителей; оздоровление условий труда; снижение уровня пожарной опасности производств.

В качестве адсорбентов (поглотителей) используются твердые пористые вещества с большой удельной поверхностью. Адсорбенты характеризуются поглотительной (адсорбционной) способностью, определяемой концентрацией поглощаемого газа (пара) в единице массы или объема адсорбента. Но поглотительная способность адсорбента зависит также от температуры и давления, при которых происходит процесс адсорбции, а также от концентрации поглощаемого вещества. Максимально возможная (при данных условиях) поглотительная способность адсорбента называется его равновесной активностью. В промышленности в качестве адсорбентов применяются активированные угли, силикагель, цеолиты, иониты.

Активированные угли - высокопористые вещества, полученные путем сухой перегонки углеродсодержащих веществ (дерева, бурого угля и др.) и их активирования (для повышения пористости). Удельная поверхность активных углей 600... 1700 м²/г; насыпная плотность 400...600 кг/м³. Недостатком активных углей является их способность гореть и самовозгораться. Применяются в основном для рекуперации летучих растворителей.

Силикагель представляет собой микропористое тело, полученное прокаливанием геля поликремниевой кислоты. Состоит из SiO₂. Удельная поверхность 400...770 м²/г. Негорюч. Механически прочен. Применяется главным образом для осушки газов.

Цеолиты (молекулярные сита) - природные минералы или искусственные соединения (алюмосиликаты). Имеют высокую избирательную способность. Применяются для осушки и очистки газов и жидкостей.

Иониты. Неорганические иониты - природные и синтетические алюмосиликаты, гидроокиси и соли поливалентных металлов; органические иониты - ионообменные смолы. Применяются для умягчения воды, извлечения из растворов следов металлов, очистки сахарных сиропов, лекарств и т. п.

Движущей силой процесса адсорбции, обуславливающей поглощение компонента из смеси, является разность между рабочей концентрацией поглощаемого вещества и концентрацией этого компонента в условиях равновесия.

Молекулы поверхностного слоя адсорбента вследствие некомпенсированности межмолекулярных сил обладают избыточной энергией, а поверхность адсорбента - свободной поверхностной энергией. При адсорбции частицы газа или пара под действием свободной энергии концентрируются и удерживаются на поверхности адсорбента. В момент полного насыщения адсорбента наступает равновесие между концентрациями взаимодействующих фаз. Зависимость между равновесными концентрациями имеет вид

$$x = Ay^{\frac{1}{n}} \text{ или } x = Bp^{\frac{1}{n}} \quad (17.7)$$

где x - концентрация поглощаемого компонента в адсорбенте, кг/кг; y - концентрация поглощаемого компонента в газе (паре), кг/кг; p - парциальное давление поглощаемого вещества в парогазовой смеси; A, B, n - константы, зависящие от свойств поглощаемого вещества, адсорбента, а также от температуры процесса.

Уравнение материального баланса процесса адсорбции имеет вид:

$$G_T (y_H - y_K) = G_{\text{АДС}} (x_K - x_H) \quad (17.8)$$

где G_T - массовый расход инертной части парогазовой смеси; $G_{\text{АДС}}$ - расход адсорбента; y_H, y_K - начальная и конечная относительные концентрации извлекаемого компонента из парогазовой смеси; x_H, x_K - начальная и конечная относительные концентрации извлекаемого компонента в адсорбенте.

На протекание процесса адсорбции оказывают влияние следующие факторы:

- свойства адсорбента, его статическая и динамическая активность. Под статической активностью понимают количество вещества, поглощаемое единицей массы (или объема) адсорбента из неподвижной газовой смеси до установления состояния равновесия. Под динамической активностью понимают количество вещества, поглощаемое единицей массы (или объема) адсорбента при движении через него газовой смеси до момента «проскока». Динамическая активность всегда меньше статической активности, так как в условиях движения газа не достигается равновесное состояние в системе газ-твердое тело.

- температура газовой смеси, с повышением которой процесс адсорбции ухудшается. Адсорбцию следует проводить при сравнительно низких температурах. При повышенных температурах извлекают поглощенное вещество из адсорбента, т. е. ведут процесс десорбции.

- давление газовой смеси, с повышением которого процесс адсорбции улучшается. Адсорбцию следует проводить при повышенном давлении. Понижение давления способствует процессу десорбции.

- свойства поглощаемых веществ. 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.

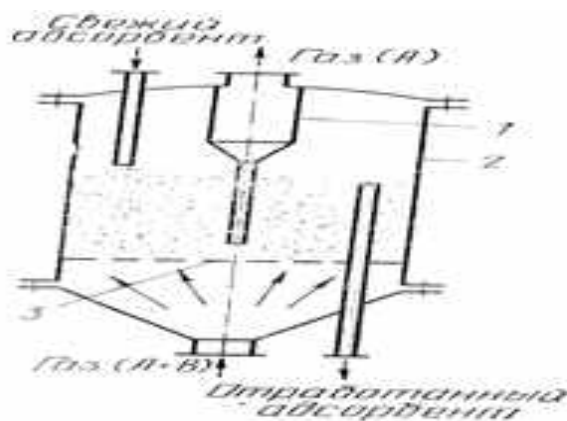


Рисунок 17.5. Схема однокамерного адсорбера с кипящим слоем поглотителя:

1 - корпус; 2 - циклон; 3 - решетка

Адсорбция - осуществляется в специальных аппаратах, называемых адсорберами. Адсорберы бывают непрерывного действия (с движущимся или «кипящим» слоем адсорбента) и периодического действия (с неподвижным слоем адсорбента). На рисунке 17.5 показана схема работы адсорбера непрерывного действия. Адсорбент поступает сверху, а газ снизу. В области «кипения» (над решеткой) происходит контакт между адсорбентом и газовой смесью, в результате которого улавливаемый компонент переходит из смеси в адсорбент. Отработанный адсорбент уходит по трубе вниз, а газ идет в циклонное устройство 2, в котором освобождается от адсорбента и покидает аппарат через верхний штуцер.

Адсорберы периодического действия бывают горизонтальные, вертикальные, кольцевые. Принцип их работы одинаков. На рисунке 17.6 показано устройство вертикального адсорбера периодического действия. В корпусе 8 размещается слой адсорбента (активного угля) 9. Загрузка свежего адсорбента осуществляется через люк 4. Паровоздушная смесь подается на адсорбцию через штуцер 5. Отвод воздуха с непоглощенными парами осуществляется через патрубок 12. Активированный уголь выдерживает около 1000 циклов поглощения, после чего подлежит замене. Выгрузка угля осуществляется через разгрузочный люк 2. Паровоздушная смесь по специальной линии подается в адсорбер, где проходит через слой адсорбента. Через какое-то время уголь насыщается парами растворителя и поглощение практически прекращается. Этот момент, называемый «проскоком», определяется исходя из концентрации паров растворителя в отходящей паровоздушной смеси. Процесс адсорбции прекращают. Насыщенный уголь подвергают десорбции.

Десорбция осуществляется путем продувки угля водяным паром, который подается по специальному паропроводу в перфорированную кольцевую трубу 15. При прохождении пара через уголь пары растворителя из угля переходят в водяной пар за счет разности концентраций и нагревания угля: при нагревании адсорбента его поглотительная способность уменьшается.

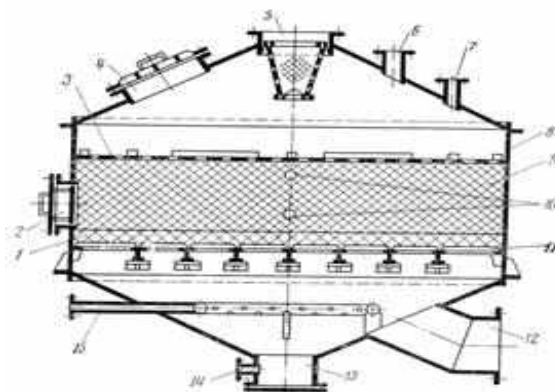


Рисунок 17.6. Вертикальный угольный адсорбер:

1 - слой гравия; 2 - разгрузочный люк; 3 - сетка; 4 - загрузочный люк с предохранительной мембраной; 5 - патрубок подачи паровоздушной смеси ЩВС; 6 - отвод пара при десорбции; 7 - патрубок предохранительного клапана; 8 - корпус; 9 - уголь; 10 - гнезда для термпар; 11 - колосниковая решетка; 12 - отвод воздуха; 13 - смотровой люк; 14 - отвод конденсата; 15 - подача водяного пара

Часть поступающего в адсорбер пара (особенно в первый период десорбции) конденсируется при соприкосновении с холодным углем, корпусом и другими конструкциями аппарата. В результате и уголь делается влажным, разогревается и становится непригодным для следующего цикла адсорбции. Его следует высушить и охладить. Таким образом, полный цикл работы адсорбера периодического действия включает следующие четыре операции (фазы); адсорбция (поглощение), десорбция (продувка угля паром), сушка угля и его охлаждение. В большинстве случаев промышленные установки работают не по четырехфазному циклу, когда все операции проводятся отдельно, а по двухфазному, когда фазы сушки и охлаждения совмещены с фазой адсорбции (поглощения).

2. Технологическая схема процесса адсорбции

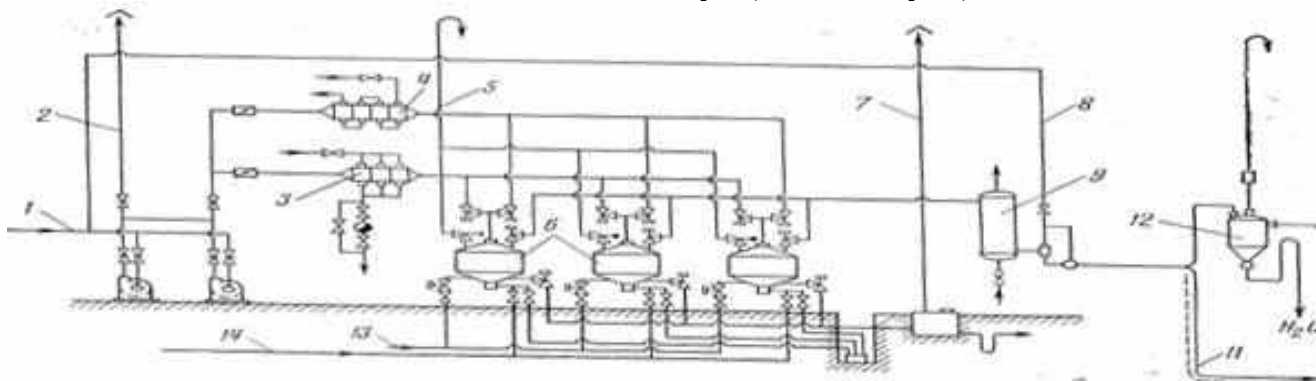


Рисунок 17.7. Схема двухфазной адсорбционной установки:

1 - линия, подачи ПВС; 2 - линия аварийного выхлопа; 3 - подогреватель; 4 - холодильник; 5 - линия выброса от предохранительных клапанов; 6 - адсорберы; 7 - линия отработавшего воздуха; 8 - линия возврата паров растворителя в адсорберы; 9 - конденсатор; 10 - линия отвода растворителя; 11 - линия отвода раствора на ректификацию; 12 - сепаратор для разделения образовавшейся эмульсии; 13 - линия подачи водяного пара на десорбцию; 14 - линия подачи воды для тушения угля в адсорберах

По воздуховодам 1 паровоздушная смесь подается в адсорбер 6, который включен на поглощение. Поскольку уголь в начале процесса надо сушить, паровоздушную смесь перед поступлением в адсорбер подогревают в подогревателях 3. После просушки угля подогреватели отключаются, и паровоздушная смесь поступает в адсорбер в холодном состоянии. Уголь охлаждается, и идет нормальный процесс адсорбции до «проскока». Далее этот адсорбер переключается на десорбцию, второй - на адсорбцию. В процессе десорбции через уголь пропускается водяной пар из линии 13. Образующая смесь водяного пара и паров растворителя, извлеченных из адсорбента» направляется в конденсатор 9, где конденсируется. Из получающейся эмульсии (или раствора) отстаиванием (или ректификацией) выделяется чистый растворитель, который возвращается в технологический цикл производства для повторного использования.

Контрольные вопросы:

- 1. Что представляет собой процесс адсорбции?*
- 2. Какие вещества относятся к адсорбентам?*
- 3. Какие факторы оказывают влияние на протекание процесса адсорбции?*
- 4. Принцип работы вертикального угольного адсорбера.*
- 5. Принцип работы двухфазной абсорбционной установки.*

Тема 18. Пожарная безопасность процессов окраски и сушки веществ и материалов.

Занятие 18-1. Пожарная безопасность процесса окраски.

Учебные вопросы:

- 1. Состав лакокрасочных материалов.*
- 2. Метод распыления лакокрасочного материала.*
- 3. Метод окунания и обливания.*
- 4. Метод окраски в электрическом поле высокого напряжения.*
- 5. Пожарная безопасность окраски методом распылением лакокрасочного материала.*
- 6. Пожарная безопасность окраски методом окунания и обливания.*
- 7. Пожарная безопасность окраски в электрическом поле высокого напряжения.*

1. Состав лакокрасочных материалов

Процессы окраски (покрытия, пропитывания краской) и сушки (делающие вещество сухим) имеют широкое распространение во всех отраслях народного хозяйства. Окраска применяется для защиты изделий от коррозии и гниения и придания им красивого внешнего вида. Процессы окраски, как правило, характеризуются высокой пожарной опасностью.

Окраска подготовленных поверхностей осуществляется нанесением на них лакокрасочных материалов (лаков, красок, эмалей).

Лаки представляют собой растворы пленкообразующих веществ (льняного, конопляного и др. масел; естественных и искусственных смол:

канифоли, шеллака, фенолформальдегидных смол, эфиров целлюлозы) в летучих органических растворителях (бензине, уайт-спирите, бензоле, толуоле, скипидаре, спирте и др.).

Краски - это смеси растворителей, пленкообразователей и нерастворимых пигментов (белил цинковых, литопола, охры, окиси хрома, сурика свинцового и др.).

Эмали - это смеси лаков (масляных, нитроцеллюлозных и др.) и пигментов.

Нанесение лакокрасочных материалов на поверхности осуществляется различными способами: кистями, вальцами, воздушным распылением (пульверизацией), распылением в электрическом поле высокого напряжения, струйным обливанием с последующей выдержкой в парах растворителя, безвоздушным распылением с подогревом и без подогрева лакокрасочных материалов, окунанием, способом лаконолива.

2. Метод распыления лакокрасочного материала

При окраске воздушным распылением (пульверизацией) лакокрасочный материал распыляют при помощи сжатого воздуха на мельчайшие частицы, которые направляют на окрашиваемую поверхность для покрытия ее ровным слоем. Достоинство способа в том, что он позволяет окрашивать поверхности самых различных конфигураций. Вместе с тем он имеет ряд существенных недостатков:

- 1) большой расход лакокрасочных материалов из-за образования тумана и неполного попадания краски на окрашиваемую поверхность;
- 2) большая пожароопасность процесса из-за возможности образования горючих смесей паров растворителей с воздухом внутри окрасочных камер, воздухопроводов и в прилегающих помещениях;
- 3) высокая вредность среды.

Промышленные установки для осуществления окраски воздушным распылением имеют краскораспылители, красконагнетательный бак, масловодоотделитель, компрессор, распылительную камеру с системой отсоса паров, соединительные трубы и шланги. Краска (лак) и воздух к распылителям могут подаваться по централизованной системе или от индивидуальных установок. Устройство и принцип работы индивидуальной установки показаны на рисунке 18.1. Сжатый воздух от компрессора (воздушного насоса) поступает в масловодоотделитель 8, где, проходя через фильтр 7, очищается от частичек масла и конденсирующейся влаги. После масловодоотделителя часть воздуха через редуктор 3 поступает в красконагнетательный бак 5, где создает заданное давление для выдавливания краски в распылитель, а другая часть воздуха под давлением поступает в краскораспылитель.

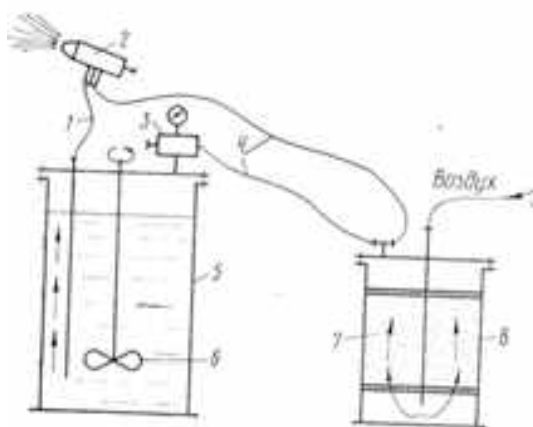


Рисунок 18.1. Схема индивидуальной установки для окраски воздушным распылением:

1 - шланг подачи краски; 2 - краско-распылитель; 3 - редуктор; 4 - шланги подачи воздуха; 5 - красконагнетательный бак; 6 - мешалка; 7 - фильтровальный материал с поглотителем; 8 - масловодоотделитель

Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий при окраске и для удаления огнеопасных паров растворителей окраску проводят в специальных окрасочных камерах. Камеры оборудуют вентиляционной установкой и фильтрами для улавливания частиц краски и очистки воздуха.

Более прогрессивным является способ безвоздушного распыления краски. Этот способ применяется для окраски крупногабаритных изделий, которые не представляется возможным поместить в окрасочные камеры. Такие изделия окрашивают на местах сборки. Краска находится под высоким давлением. При выходе ее из пистолета в атмосферу (вследствие перепада давления) резко повышается упругость паров растворителя, мгновенно испаряется легколетучая часть лакокрасочного материала, происходит его дробление. Этот способ дает лучшее качество окраски по сравнению с пневматическим, удельный расход лакокрасочного материала сокращается вследствие уменьшения туманообразования. Сокращается и расход растворителя, так как этот способ позволяет распылять более вязкие лакокрасочные материалы. Таким образом, этот способ окраски является менее пожаровзрывоопасным: при его использовании сокращается образование красочного тумана.

В последнее время стал широко применяться способ нанесения лакокрасочных материалов под высоким давлением без нагрева. Его иногда называют механическим распылением. Сущность способа в использовании изменяющихся свойств лакокрасочного материала при больших перепадах давления. При перепадах давления 10...20 МПа при выходе из сопла даже холодного лакокрасочного материала образуется мелкодисперсный факел. Сокращаются потери на туманообразование, уменьшается вероятность образования пожаровзрывоопасных концентраций.

3. Метод окунания и обливания

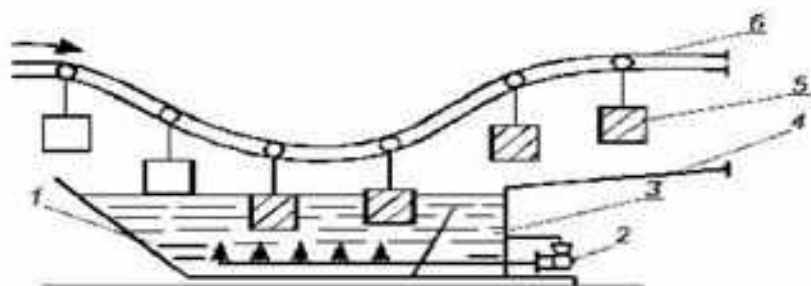


Рисунок 18.2. Способ окраски методом окунания:

1 - ванна; 2 - насос; 3 - карман; 4 - сточный лоток; 5 - изделие; 6 - конвейер.

Способ окраски окунанием находит применение при конвейерной технологии, когда окрашенные изделия сразу подаются на сушку. Изделия окунают в ванну с помощью подъемных устройств. Если объем ванны превышает $0,5 \text{ м}^3$, оборудуется специальная окрасочная камера с вытяжной вентиляцией (рисунок 18.2).

Способ обливания (рисунок 18.3) мало чем отличается от окунания. Струйное обливание и обливание с последующей выдержкой в парах растворителя заключается в том, что изделие обильно обливают краской и направляют в камеру или туннель, в которых находятся пары растворителя. Здесь лишняя краска с изделия стекает, а оставшаяся равномерно покрывает его поверхность.

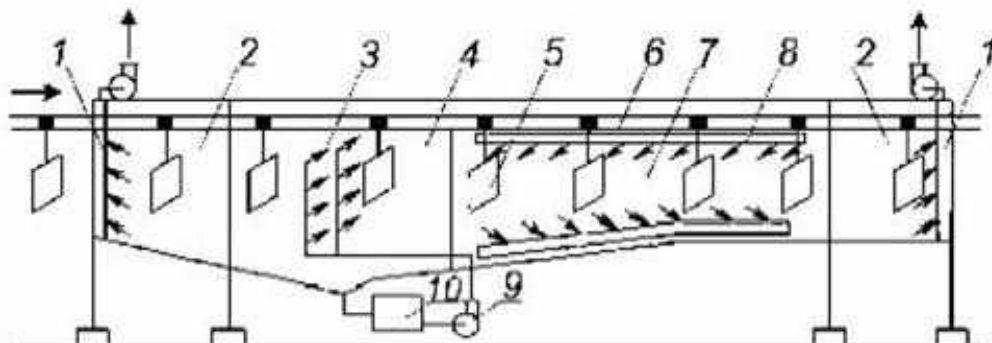


Рисунок 18.3. Способ окраски методом обливания:

1 - воздушные завесы; 2 - входной и выходной тамбуры; 3 - контур с соплами; 4 - камера облива; 5 - изделие; 6 - конвейер; 7 - паровой туннель; 8 - рециркуляционная вентиляция; 9 - насос; 10 - красочный бак.

Этот способ окраски имеет ряд преимуществ по сравнению с другими: сокращаются расходы лакокрасочных материалов; имеется возможность применять конвейеры; создаются благоприятные условия для автоматизации процесса, в том числе и для автоматизации систем противопожарной защиты; резко уменьшается количество краски в системе (по сравнению с окраской окунанием), что способствует уменьшению масштабов возможного пожара.

В мебельной промышленности широко используется окраска способом лаконолива, осуществляемая с помощью лаконоливных машин. Основным элементом таких машин является лаконоливающая головка. Из головки лак

вытекает в виде бесконечной тонкой широкой пленки, которая ложится на движущийся по конвейеру окрашиваемый мебельный материал. Образующиеся пары отсасываются. Окрашенный материал идет в сушилку.

4. Метод окраски в электрическом поле высокого напряжения

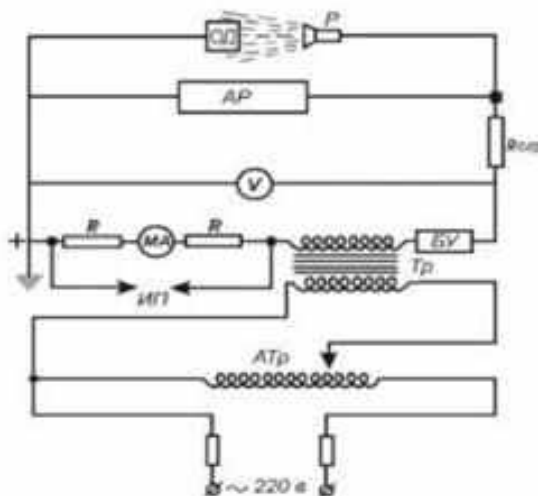


Рисунок 18.4 Способ окраски в электрическом поле высокого напряжения

Суть способа (рисунок 18.4) состоит в том, что при введении струи распыленной краски в электрическое поле высокого напряжения частицы ее электризуются и притягиваются к положительному электроду (или заряженной детали) и осаждаются на окрашиваемой поверхности равномерным слоем, с минимальными потерями.

Основными элементами установки для окраски изделий в электрическом поле являются высоковольтное выпрямительное устройство, окрасочная камера с распылителями, сушильная камера, пульт управления и вентиляционная система.

В качестве выпрямителей, предназначенных для получения постоянного тока высокого напряжения (130 кВ), могут применяться полупроводниковые селеновые или ламповые выпрямители. Положительный полюс от выпрямителя подается на землю и на окрашиваемые изделия, отрицательный - на распылители. Управляется установка дистанционно, с пульта управления.

При электроокраске лак может распыляться с помощью пневматических, электромеханических или электростатических распылителей. Недостаток пневматического распыления в том, что часть краски пролетает мимо окрашиваемых изделий; некоторые частицы отскакивают и уносятся потоком вентиляционного воздуха, чем обусловлено значительное образование красочной пыли.

При электромеханическом распылении краски применяют центробежные распылители. Лакокрасочный материал подают на кромку внутренней поверхности чаши, вращающейся со скоростью 1200...2500 об/мин. Распыление происходит за счет центробежной силы и энергии электрического поля. Этот способ позволяет уменьшить потери краски.

При электростатическом распылении краски используют щелевые электростатические распылители, в которых распыление материала происходит с неподвижной коронирующей кромки и только за счет действия сил электрического поля. Применение этого способа эффективно при окраске плоских изделий несложной конфигурации.

5. Пожарная безопасность окраски методом распылением лакокрасочного материала

Пожарная опасность процессов окраски обусловлена свойствами применяемых лакокрасочных материалов, 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.

Важнейшей мерой против образования горючей среды является устройство вентиляции с целью отсоса паров из мест окраски изделий. Поэтому предусматривается проводить окраску в камерах с постоянным воздухообменом или в непосредственной близости от заборных устройств воздухопроводов, отсасывающих пары ЛВЖ. Рабочие места, на которых ведутся окрасочные работы, изолируются от окружающей среды производственных помещений. Не допускается объединение вентиляционных систем окрасочных кабин и других помещений. Лакокрасочные материалы, уносимые вентилируемым воздухом, улавливаются при помощи фильтров или распыленной воды, очищаемой в ловушках. Вентиляционная система должна иметь автоматическую блокировку, обеспечивающую прекращение подачи краски при остановке вентилятора.

Важное значение имеет скорость движения воздуха через рабочие проемы окрасочных кабин. Она должна быть больше, чем скорость диффузии паров растворителей в сторону цеха.

Количество воздуха Q , которое необходимо пропустить через окрасочную кабину для обеспечения безопасных условий, определяют по формуле

$$Q = FV_{\text{пр}}\alpha \quad (18.1)$$

где F - сечение открытых проемов камеры; $V_{\text{пр}}$ - скорость движения воздуха в проемах камеры (принимается 1 м/с; для токсичных веществ 1,3 м/с); α - коэффициент, учитывающий подсос через неплотности кабины (принимается равным 1,1...1,2).

При окраске больших изделий (вагонов, троллейбусов и т. п.) вентиляция предусматривается по принципу вентилирования ограниченного участка изделий, который в данный момент окрашивается. При этом изделие перемещается относительно вентиляционной установки или, наоборот,

вентиляционная установка перемещается относительно изделия. Скорость отсасываемого воздуха на рабочем месте должна быть не менее 1 м/с. В камерах и воздуховодах предусматривается установка газоанализаторов, которые рекомендуется блокировать с работой вентиляторов и системой краскоподачи.

Важным направлением по уменьшению пожарной опасности процессов окраски является замена легковоспламеняющихся и горючих растворителей, пленкообразователей и лаков на пожаробезопасные. Например, олифу можно заменить эмульсионными разбавителями (вода с эмульгатором - мылом); применять водорастворимые бакелитовые лаки и негорючие хлорированные углеводородные растворители (трихлорэтан, четыреххлористый углерод).

Специфическими источниками зажигания в процессах окраски являются искры удара и самовозгорание отходов, в состав которых входят нитролаки, льняное масло, эмаль, а также самовозгорание отделений лакокрасочных материалов в воздуховодах. Поэтому профилактическими мероприятиями предусматривается:

- 1) удаление из помещений отходов лакокрасочных материалов;
- 2) очищение воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов;
- 3) контроль за исправностью оборудования; отсутствие искр удара и трения при работе вентиляторов и при пользовании инструментом.

В окрасочных цехах возникший пожар может получить быстрое распространение и развитие. Этому способствует:

- наличие большого количества горючего окрасочного материала;
- горючесть самих окрашенных изделий, по которым может распространиться горение;
- вентиляционная система, по которой пламя может распространиться в смежные цеха и этажи.

Поэтому мерами пожарной профилактики предусматривается:

- ограничение количества горючих материалов и веществ, находящихся непосредственно в окрасочных цехах;
- прокладка вентиляционных воздуховодов по кратчайшему пути непосредственно наружу или в очистительные устройства;
- устройство огнепреградителей и огнезадерживающих заслонок, особенно на ответвлениях от кабин и агрегатов;
- очистка кабин от отходов, а воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов.

6. Пожарная безопасность окраски методом окунания и обливания

Горючая среда при окраске окунанием и обливанием может образоваться в окрасочных агрегатах, вентиляционных воздуховодах, емкостях с лакокрасочными материалами, а также в производственных помещениях. С изделий обильно стекает краска в приемники, происходит испарение растворителей с поверхности ванн и изделий как в момент окраски, так и при следовании изделий на сушку. При нарушении работы вентиляционных систем

могут образоваться пожаровзрывоопасные смеси. Специфические источники зажигания такие же, как и ранее рассмотренные. По возможности распространения пожара рассматриваемый способ более опасен, так как здесь может произойти горение большого количества лакокрасочного материала, находящегося в желобах, емкостях, сборниках, коммуникациях.

Для предотвращения образования горючей среды необходим хороший воздухообмен, который исключал бы образование взрывоопасных концентраций. Это достигается при скорости движения всасываемого воздуха в торцовых проемах камер 1,0...1,5 м/с.

В вентиляционной системе предусматриваются две подсистемы. Первая служит для создания воздушных затворов в проемах камер, где размещаются вытяжные щелевые коробки, вторая используется для обеспечения циркуляции воздуха и для поддержания безопасной концентрации паров растворителя внутри камеры. Часть циркулирующего воздуха выбрасывается в атмосферу. Предусматриваются: автоматическая блокировка, позволяющая исключать подачу краски при остановке вентиляционных агрегатов; автоматический контроль и сигнализация о появлении опасных концентраций; автоматическое регулирование концентрации паров растворителя в окрасочных камерах.

Во избежание загрязнения краской стен камер и туннелей рекомендуется лакокрасочный материал (при струйном обливке) подавать снизу. Краска из лотка должна быстро удаляться в сборную емкость. Стенки кабин, лотков и воздухопроводов должны очищаться от осевшей краски путем использования специальных растворов. Предусматривается централизованная подача краски к установкам по системе труб, прокладываемых вне помещений. В схеме централизованной подачи краски имеются емкости, смесители, баки-раздатчики, мерники и другие аппараты, в которых (при нормальной их работе) может образоваться взрывоопасная концентрация. Поэтому предусматривается контроль за соблюдением установленного режима эксплуатации этой установки.

7. Пожарная безопасность окраски в электрическом поле высокого напряжения

Пожарная опасность электроокраски обусловлена распылением окрасочного материала с образованием красочного тумана и наличием электрического поля высокого напряжения. При недостаточном воздухообмене может образоваться горючая среда в зоне окраски и вентиляционной системе. Горючая смесь может воспламениться от искр, которые образуются при нарушении установленного расстояния (не менее 1 м) между окрашиваемой поверхностью и распылителем, а также в случае внезапного значительного повышения напряжения в сети. Источниками зажигания могут быть электрические искры в местах присоединения электропроводов к трансформатору, заземляющему устройству, на пульте управления, а также в других местах, где возможно нарушение изоляции, пробой или замыкание на корпусе.

- Мерами пожарной профилактики при электроокраске предусматривается:
- устройство надежной вентиляции, обеспечивающей создание такого воздухообмена, при котором исключается образование пожаровзрывоопасных концентраций. Расчетный объем отсасываемого воздуха определяется при скорости его движения в открытых проемах камер 0,4...0,5 м/с. Скорость движения вентилируемого воздуха из кабин и непосредственно из зоны распыления лакокрасочных материалов в сторону вытяжки принимается 0,2...0,5 м/с;
 - автоматизация подачи лакокрасочного материала в зависимости от изменения режима работы вентиляционного оборудования и электрооборудования;
 - блокировка, обеспечивающая включение электрооборудования только после пуска вентилятора и автоматическое отключение после остановки последнего;
 - блокировка дверей окрасочных камер, которая обеспечивает отключение высокого напряжения и остановку вращающихся дисковых распылителей при открытых дверях. В результате исключается выход паров краски из окрасочной камеры в производственное помещение;
 - устройство СТОП-КНОПКИ, обеспечивающей полное отключение всей установки от электрической сети в случае аварии или неисправности.

Контрольные вопросы:

1. Что представляют из себя лаки, эмали и краски?
2. Недостатки применения метода распыления лакокрасочного материала?
3. Преимущества применения способа окраски методом обливания?
4. Чем обусловлена пожарная опасность процессов окраски?
5. Меры пожарной профилактики при электроокраске.

Занятие 18-2. Пожарная безопасность процесса сушки.

Учебные вопросы:

1. Конвективные сушилки.
2. Камерные сушилки.
3. Туннельные сушилки.
4. Шахтные (полочные) сушилки.
5. Петролатумные сушилки.

Сушкой называется тепловой процесс удаления влаги из твердых материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров. Влагу можно удалять из материалов и механическими способами, например отжимом, отстаиванием, центрифугированием. Однако более полное удаление влаги достигается при тепловой сушке.

Под влагой понимают любую жидкость (горючую и негорючую), находящуюся в данном материале. Количество влаги, выраженное в процентах, называется влажностью материала. Влажность может быть выражена двояко:

по отношению к общей массе материала (включая и находящуюся в нем влагу):

$$\omega = \frac{G_{\text{вл}}}{G} 100 = \frac{G_{\text{вл}}}{G_{\text{сух}} + G_{\text{вл}}} 100, \quad (18.2)$$

где ω - относительная влажность;

по отношению к массе абсолютно сухого вещества:

$$\omega^c = \frac{G_{\text{вл}}}{G_{\text{сух}}} 100 \quad (18.3)$$

где ω^c - влагосодержание.

По физической сущности сушка является сложным диффузионным процессом, скорость которого определяется скоростью диффузии влаги из глубины высушиваемого материала в окружающую среду. Удаление влаги при сушке сводится к перемещению влаги из объема материала к поверхности и переносу ее с поверхности материала в окружающую среду.

Процесс сушки осуществляется в специальных устройствах - сушилках. Существуют разные типы сушилок, отличающиеся по конструкции, способу подвода тепла, способу организации самого процесса, величине давления и другим параметрам.

По конструкции различают камерные, туннельные, шахтные, ленточные, барабанные, вальцовые сушилки, а также сушилки с «кипящим» слоем. По способу подвода тепла сушилки бывают конвективные, контактные, радиационные, специальные (диэлектрические, сублимационные, комбинированные), по способу организации процесса - периодические и непрерывные, по величине применяемого давления - атмосферные и вакуумные.

1. Конвективные сушилки

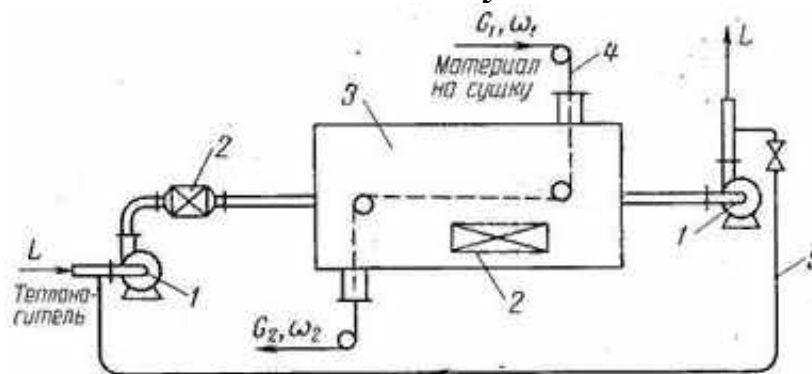


Рисунок 18.5. Схема сушильной установки с конвекционной камерой:

1 - вентиляторы; 2 - подогреватели; 3 - сушильная камера; 4 – транспортные приспособления;
5 - рециркуляционная линия

В технологических процессах производств они наиболее распространены. На рисунке 18.5 показана сушильная установка с конвекционной камерой 3. Камера непрерывного действия. С помощью транспортных устройств 4 в камере продвигается высушиваемый материал. Сушильный агент вентиляторами 1 подается в подогреватель 2 и, нагревшись до заданной температуры, поступает в сушильную камеру, где происходит сушка. Теплоноситель насыщается парами жидкости, испаряющейся из

высушиваемого материала, и покидает камеру. Высушиваемый материал также выводится из камеры. При сушке с рециркуляцией часть теплоносителя вновь подается в сушильную камеру по рециркуляционной линии 5, что создает более мягкий режим работы и способствует экономии тепловой энергии.

В конвективных сушилках сушка осуществляется путем непосредственного соприкосновения высушиваемого материала с сушильным агентом (теплоносителем). В качестве теплоносителя используются нагретый воздух, топочные газы в смеси с воздухом, инертные газы, перегретые водяные пары и др. Недостаток конвективного способа сушки - сравнительно низкая интенсивность процесса. Объясняется это тем, что при сушке в глубине материала температура меньше, чем на поверхности, то есть перепад температур имеет отрицательное влияние и тормозит движение влаги к поверхности.

Пожарная опасность конвективных сушилок обуславливается прежде всего наличием горючей среды и возможностью образования взрывоопасных паровоздушных концентраций при нарушении нормального режима эксплуатации. Концентрация пара растворителя в сушильной камере увеличивается в следующих случаях:

- при увеличении интенсивности испарения (из-за перегрузки камеры, из-за подачи на сушку материалов с более развитой поверхностью испарения или с повышенным содержанием растворителя);

- при остановке вентилятора (или уменьшении его производительности из-за увеличения сопротивления линий);

- при работе сушилки с большим коэффициентом рециркуляции; при повышении температуры в сушилке (из-за интенсификации работы калориферов).

Количество горючей жидкости, испаряющейся из материала, можно определить из уравнения материального баланса сушки:

$$G_{в.л} = G_1 - G_2, \quad (18.4)$$

где $G_{в.л}$ - количество жидкости, удаляемой из материала при сушке; G_1 - количество материала, поступившего в сушилку; G_2 - количество материала, вышедшего из сушилки.

В целях исключения образования взрывоопасных концентраций предусматривается:

- контроль за концентрацией паров в сушильных камерах путем отбора проб или с помощью стационарных газоанализаторов;

- автоматическое регулирование заданной температуры за счет изменения количества теплоносителя;

- автоблокировка, обеспечивающая отключение системы обогрева и прекращение подачи материала в сушилку в случае остановки вентилятора.

Количество подаваемого в сушилку воздуха следует определять из условия, чтобы концентрация пыли была меньше нижнего предела воспламенения. Если это условие выполнить нельзя, сушку следует

производить в среде инертного газа.

В целях пожарной профилактики при сушке измельченных материалов необходимо:

- исключить возможность отложения пыли в воздуховодах, на: стенах камер, в калориферах и т.п.;
- регулярно производить очистку от пыли камер, оборудования помещений;
- тщательно очищать от пыли отработанный воздух с помощью циклонов, фильтров, пенных камер, скрубберов;
- защищать сушильные камеры предохранительными взрывными клапанами (при $\phi_n \leq 65 \text{ г/м}^3$).

Источниками зажигания взрывоопасных смесей в конвективных сушилках могут быть искры удара и трения, перегрев и воспламенение высушиваемых материалов и их отходов, самовозгорание высушиваемых материалов и их отходов при контакте с калориферами, а также от разрядов статического электричества. В дымогазовых сушилках искры могут попадать в сушильную камеру из топки при неполном сгорании топлива. В сушилках непрерывного действия при остановке транспортных устройств высушиваемый материал воспламеняется в результате длительного воздействия источников тепла. Мерами пожарной профилактики предусматривается:

- автоматическая блокировка, обеспечивающая отключение нагревательных устройств при уменьшении скорости движения или остановке транспортных устройств;
- установка автоматических регуляторов температуры для поддержания нормального температурного режима;
- очистка камер, помещений, транспортных устройств от пыли и отходов, имеющих склонность к самовозгоранию;
- исключение образования искр и выделения теплоты трения при наматывании волокнистых и других материалов на валы барабанов, транспортеров, вентиляторов;
- исключение попадания горючих материалов на греющие поверхности калориферов (калориферы рекомендуется располагать в верхней части камеры или вне камер);
- заземление металлических элементов сушилок для отвода статического электричества, образующегося при сушке диэлектриков.

Развитию и распространению пожара в сушилках способствуют большое количество сгораемых материалов, система вентиляции, транспортные устройства, технологические проемы. Поэтому мерами пожарной профилактики предусматривается:

- исключение перегрузки сушильных цехов высушиваемыми материалами; для каждой сушилки устанавливается предельно допустимая норма загрузки материалом;
- оборудование сушилок самостоятельной системой вентиляции, не

связанной с вентиляцией цеха;

исключение отложений пыли или горючего конденсата в системе вентиляции; очистка воздухопроводов от пыли и других отложений.

Для лучшего уяснения пожарной опасности процесса сушки необходимо рассмотреть устройство и работу некоторых видов сушилок.

2. Камерные сушилки

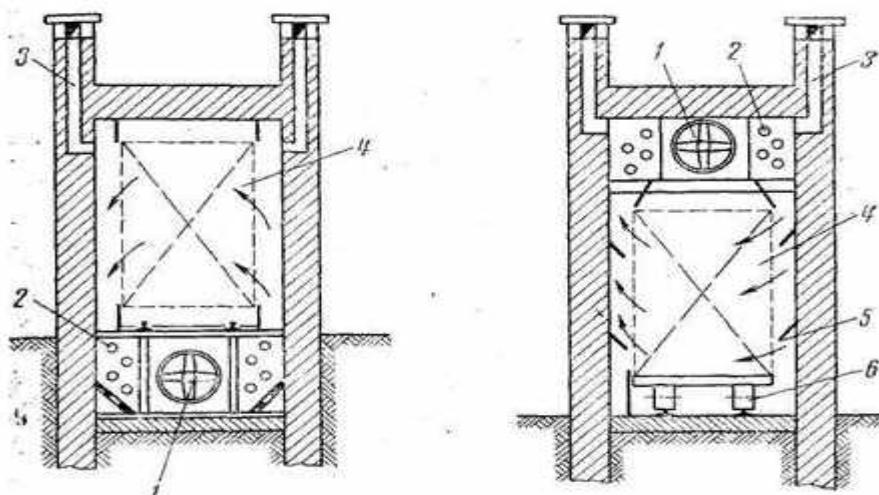


Рисунок 18.6. Схема камерной сушилки с внутренними вентиляторами:

1 - осевые вентиляторы; 2 - калориферы; 3 - каналы для воздуха; 4 - высушиваемый материал; 5 - направляющие экраны (щитки); 6 - тележка

Камерные сушилки (рисунок 18.6) работают периодически. Имеют прямоугольную камеру, в которую помещается высушиваемый материал 4 (в вагонетках, лотках, противнях). Циркуляция теплоносителя осуществляется принудительно с помощью вентиляторов 1; может применяться и естественная циркуляция. Подогрев осуществляется с помощью калориферов 2.

3. Туннельные сушилки

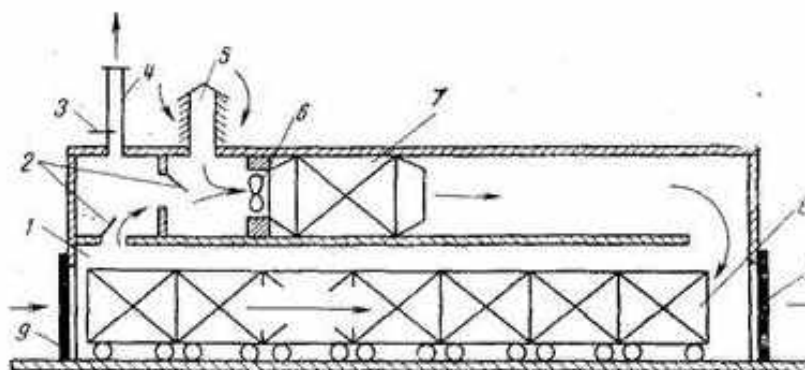


Рисунок 18.7. Схема туннельной сушилки:

1 - сушильная камера; 2, 3 - шиберы для регулирования расхода воздуха; 4 - вытяжная труба; 5 - жалюзийная камера; 6 - осевой вентилятор; 7 - калорифер; 8 - высушиваемый материал; 9 - двери

Туннельные сушилки (рисунок 18.7) имеют туннель (длинный коридор), в который поступает влажный материал 8 (на тележках, в вагонах и т. д.). Воздух забирается через жалюзийную камеру 5 вентилятором 6, прогоняется через калорифер 7 и поступает в туннель, где движется противотоком (или

прямотоком) относительно движения высушиваемого материала. Сушка может осуществляться методом рециркуляции с использованием шиберов 2 и 3.

4. Шахтные (полочные) сушилки

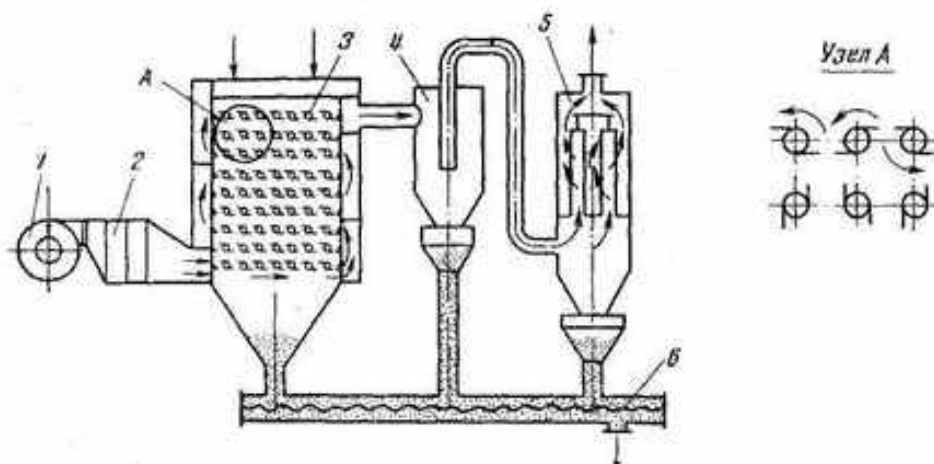


Рисунок 18.8. Схема шахтной сушилки с опрокидывающимися полками:

1 - вентилятор; 2 - калорифер; 3 - поворачивающиеся полки; 4 - циклон; 5 - рукавный фильтр; 6 - шнек для выгрузки высушенного материала

Шахтные (полочные) сушилки системы В. И. Строганова (рисунок 18.8) применяются для сушки сыпучих материалов (полистирола, синтетических смол, катализаторов и т.д.). Материал, подлежащий высушиванию, подается на верхнюю полку, которая состоит из пластин, поворачивающихся на 90° . При одновременном повороте всех пластин материал пересыпается на нижележащую полку и далее процесс периодически повторяется. Воздух вентилятором 1 подается в калорифер 2, подогревается и затем поступает в сушилку, где проходит между полками. Из камеры воздух поступает в циклон 4 и рукавный фильтр 5 на очистку от пыли.

5. Петролатумные сушилки

В петролатумных сушилках осуществляется сушка древесины в среде гидрофобной жидкости - петролатуме, получающемся при депарафинизации авиационных масел и представляющем сложную смесь парафина, церезина и высоковязких масел ($t_{пл} = 55...60^\circ\text{C}$; $t_{всп} = 240^\circ\text{C}$; $t_{св} = 340^\circ\text{C}$). Механизм сушки состоит в следующем. При погружении влажного материала в расплавленный петролатум происходит интенсивное нагревание. Внутри материала возникает избыточное давление из-за внутреннего сопротивления движению пара, образующегося в результате быстрого испарения жидкости. Под действием возникающего градиента давления и влажности влага перемещается из внутренних слоев древесины к внешним в виде пара и жидкости. Выйдя из древесины, влага в виде пузырьков перегретого пара поднимается через слой петролатума и выходит в окружающую среду.

Сушка в петролатуме дает возможность сократить продолжительность процесса высушивания в 8... 10 раз по сравнению с конвективной. При этом она совмещается с пропиткой древесины антисептиками; уменьшается гигроскопичность древесины. Недостатки способа — безвозвратный расход

петролатума, загрязнение; древесины (затрудняющее дальнейшую ее обработку - склейку, отделку), снижение механических показателей.

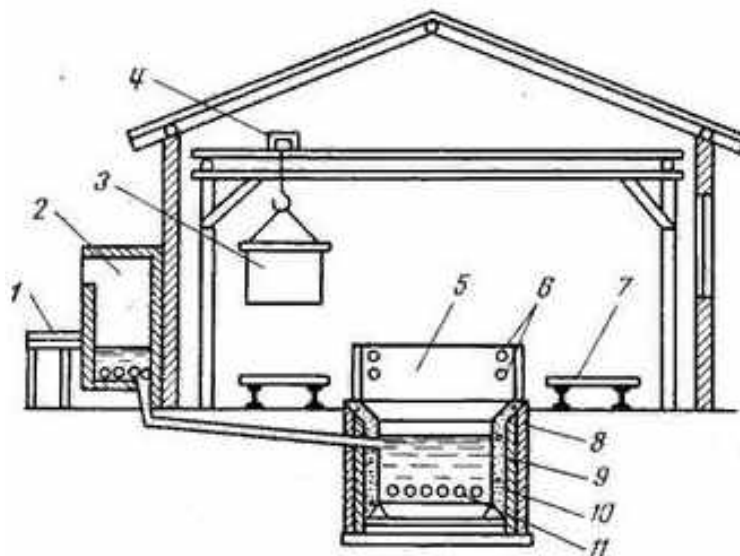


Рисунок 18.9. Схема установки для сушки в петролатуме:

- 1 - разгрузочная эстакада; 2 - расходное хранилище петролатума; 3 - контейнер; 4 - тельфер;
5 - ванна с петролатумом; 6 - паровые трубы для пеногашения; 7 - узкоколейный путь;
8 - глина; 9 - кирпич; 10 - шлак; 11 - трубы парового подогревателя

На рисунке 15.9 показана простейшая схема петролатумной сушилки. Петролатум находится в специальной ванне 5, которая обогревается паровыми трубами 11 до 120...130° С. Ванны размещаются в здании или на открытой площадке под навесом. Высушиваемая древесина загружается в контейнеры 3, которые с помощью тельфера 4 помещаются в ванну.

Температура петролатума при сушке значительно ниже температур вспышки и самовоспламенения, то есть нет опасности образования горючих концентраций паров петролатума в ваннах и их воспламенения.

Однако пожарная опасность петролатумных сушилок достаточно высока. Это обусловлено большим количеством сгораемых материалов, загрязнением площадок стекающим с контейнеров петролатумом и древесными отходами, вспениванием петролатума в процессе сушки. Древесина после сушки в петролатуме становится более пожароопасной, увеличивается количество выделяющегося при ее горении тепла.

Вспенивание петролатума происходит из-за быстрого испарения в нем влаги. Образующаяся пена может перелиться через борт ванны. Интенсивность пенообразования увеличивается с повышением температуры петролатума, увеличением влажности и объема: древесины, приходящейся на 1 м² зеркала ванны.

Для предотвращения перелива пены предусматривают:

- поддержание уровня петролатума после погружения контейнера на 0,5 м ниже верхнего края ванны;

- спаренное использование ванн, что позволяет включать их в работу через полцикла сушки;

- устройство паровых труб в верхней части ванн (по периметру) для пеногашения (пена при соприкосновении с горячей трубой разрушается).

Следует иметь в виду, что при эксплуатации петролатумных сушилок существует опасность выброса горячего петролатума в результате вскипания воды, скапливающейся на дне ванны. Такая опасность создается при загрузке в ванну сильно обводненного петролатума или высоковлажной древесины, когда петролатум имеет температуру ниже 100°C. Поэтому не допускается понижение температуры петролатума в ванне ниже 100°C.

Выбросы петролатума могут иметь место при пуске сушилки, когда поверхность его покрыта коркой. Под коркой может скапливаться пар, давление которого прорывает корку и обуславливает выброс жидкости. Выброс может быть при попадании в ванну атмосферных осадков, а также при тушении горящего петролатума компактной струей воды. Поэтому тушить петролатум рекомендуется распыленной водой, водяным паром или пеной. Помещения, где располагаются петролатумные установки, оборудуются надежной системой вентиляции.

Контрольные вопросы:

1. *Что называется процессом сушки?*
2. *Классификация сушилок.*
3. *Меры пожарной профилактики при эксплуатации конвективных сушилок.*
4. *Принцип работы камерных сушилок.*
5. *Преимущества применения установок для сушки в петролатуме.*

Тема 19. Пожарная безопасность химических процессов.

Занятие 19-1. Пожарная безопасность химических процессов и производства полимерных материалов.

Учебные вопросы:

1. *Назначение и классификация химических реакторов.*
2. *Сущность процессов полимеризации и поликонденсации.*

1. Назначение и классификация химических реакторов

Существуют понятия химического реактора, электрического, биологического и ядерного. Мы будем рассматривать только химические реакторы.

Химический реактор - аппарат для проведения химических реакций. Колонны, камеры, автоклавы - это все химические реакторы.

В реакторах помимо химических идут и физические процессы, с помощью которых создаются оптимальные условия для осуществления химических реакций (поддерживаются определенная температура, давление, скорость перемешивания и др.). Поэтому химические реакторы часто имеют специальные устройства (мешалки, подогреватели, холодильники и др.) и соединяются с другими технологическими аппаратами: компрессорами,

насосами, теплообменниками, сепараторами и т. п. Машины и аппараты, соединенные между собой в определенной последовательности, образуют технологическую схему. При этом аппараты, расположенные до реактора, предназначены для подготовки и подачи исходных реагентов в реактор; аппараты, расположенные после реактора, предназначены для выделения целевого продукта (или продуктов), получаемого в результате химических превращений, а также для достижения заданного качества этого продукта (степень чистоты, дисперсность и т.д.). Следовательно, в любой технологической схеме производства можно выделить три стадии: 1) стадию подготовки сырья, 2) стадию проведения химического процесса в самом реакторе, 3) стадию выделения и кондиционирования конечного продукта. Основной из этих стадий является вторая, поэтому реакторы имеют такое большое значение в технологических процессах производств.

В промышленности используются самые разные реакторы, отличающиеся по тепловому режиму, конструктивному устройству, фазовому состоянию реагентов и др. Поэтому существует классификация химических реакторов, которая может быть представлена в следующем виде:

1. По способу организации процесса различают реакторы периодического действия и реакторы непрерывного действия.
2. По тепловому режиму различают реакторы изотермические, адиабатические, реакторы с программированным тепловым режимом.
3. По режиму движения реакционной среды бывают реакторы вытеснения и реакторы с перемешиванием (при непрерывном, действии реактора).
4. По фазовому состоянию исходных реагентов различают реакторы гомогенные и реакторы гетерогенные.
5. По конструктивному оформлению теплообменных устройств различают реакторы с рубашкой, с внутренними змеевиками, с наружным теплообменником, с внутренним теплообменником, с двойными трубками.

I. В реакторах периодического действия исходное сырье (реагенты) загружают через определенные промежутки времени. После осуществления химических превращений продукты реакции выгружают из реактора. По окончании разгрузки реактора и его повторной загрузки процесс повторяется. Таким образом, в реакторах периодического действия все его стадии (загрузка, реакция, разгрузка) протекают в одном месте (в одном аппарате), но в разное время.

В реакторах непрерывного действия поступление исходных реагентов, сама химическая реакция и выгрузка продуктов реакции производятся одновременно и непрерывно, но разобщены в пространстве, то есть осуществляются в различных частях одного аппарата.

В реакторах полунепрерывного (комбинированного) действия один из исходных реагентов загружается непрерывно, другой - периодически. Иногда реагенты поступают в реактор периодически, а продукты реакции выгружаются непрерывно.

Реакторы непрерывного действия имеют большие преимущества по сравнению с периодическими: нет перерывов в выпуске конечных продуктов реакции; лучшие возможности автоматического регулирования и полной механизации; устойчивость режимов проведения процессов; большая компактность оборудования; более полное использование тепла при отсутствии перерывов в работе аппарата. Благодаря указанным достоинствам периодически действующие реакторы стремятся заменить аппаратами непрерывного действия.

Характер периодичности сохраняется в производствах небольшого масштаба, с разнообразным ассортиментом продукции (при изготовлении красителей, ингредиентов, лекарств и т.п.).

Эффективность применения реакторов периодического действия характеризуется степенью или коэффициентом использования времени его работы, который равен отношению продолжительности-этапа химических превращений к продолжительности всего цикла:

$$\eta = \frac{\tau_{ХИМ}}{\tau_{ХИМ} - \tau_{ВСП}} \quad (19.1)$$

где $\tau_{ХИМ}$ - время протекания химической реакции; $\tau_{ВСП}$ - время вспомогательных операций (загрузка и выгрузка, разогрев, охлаждение, чистка).

Реакторы непрерывного действия работают при постоянном режиме. Для них вместо времени продолжительности реакции используют такие характеристики, как время контакта или объемная скорость.

Время контакта определяется отношением объема реактора к объемному расходу исходных реагентов:

$$\tau = \frac{V_P}{Q_V} \quad (19.2)$$

где τ - время контакта веществ в реакторе; V_P - объем реактора; Q_V - объемный расход исходных реагентов.

II. Реакторы, в которых процесс протекает при постоянной температуре во всех точках реакционного объема, называют изотермическими. Достичь постоянства температуры в реальных условиях весьма затруднительно, поэтому для большинства реакторов наиболее характерным является политропический режим, т. е. частичный отвод тепла реакции или подвод тепла извне. Для отвода и подвода тепла используют соответствующие тепло- и хладагенты.

Реакторы, работающие без подвода и отвода тепла в окружающую среду, называют адиабатическими. Все тепло, выделяемое (или поглощаемое) в реакторе, аккумулируется реакционной смесью. Эти реакторы просты по конструкции, у них нет теплообменных устройств. Для создания адиабатического режима используют теплоизоляцию.

В реакторах с программированным тепловым режимом теплообмен осуществляется в соответствии с заданной программой изменения температуры по высоте реактора или в определенных точках реакционного объема (в определенные промежутки времени).

III. Реактор вытеснения характеризуется тем, что в нем все частицы заполняющего продукта движутся в заданном направлении, не перемешиваясь с движущимися впереди и сзади частицами и полностью вытесняя (подобно поршню) находящиеся впереди частицы потока. Время пребывания всех частиц реакционной среды в аппаратах идеального вытеснения одинаково. Состав реакционной смеси изменяется постепенно, по длине (высоте) реактора вследствие протекания химической реакции.

Реакторы с перемешиванием (полного смешения) характеризуются тем, что поступающие в них реагенты интенсивно перемешиваются, например, при помощи мешалки. Реагенты непрерывно подаются в реактор, а продукты реакции непрерывно выводятся. Поступающие в такой реактор частицы вещества мгновенно смешиваются с уже находящимися в нем частицами.

IV. Гомогенным называют реактор, если в нем находится одна фаза (например только жидкая или только газообразная). Гетерогенным называют реактор, если в нем реагирующие вещества находятся в различных агрегатных состояниях.

В большинстве случаев химические процессы протекают в присутствии катализаторов (ускорителей химической реакции), которые могут быть представлены в виде газов, жидкостей и твердых тел. Поэтому гетерогенный тип реактора в ряде случаев определяется применяемым катализатором. Как правило, современные катализаторы являются сложной смесью веществ, которая называется контактной массой, или катализаторным комплексом.

V. Система теплообмена может быть непрерывной и ступенчатой. На рисунке 19.1 показаны наиболее распространенные теплообменные устройства, применяемые в реакторах смешения, на рисунке 19.2 - в реакторах вытеснения. Непрерывный отвод (или подвод) тепла осуществляется через теплообменную поверхность по всей высоте реактора. При ступенчатом отводе (подводе) тепла реактор делится на адиабатические секции с промежуточным охлаждением (подогревом).

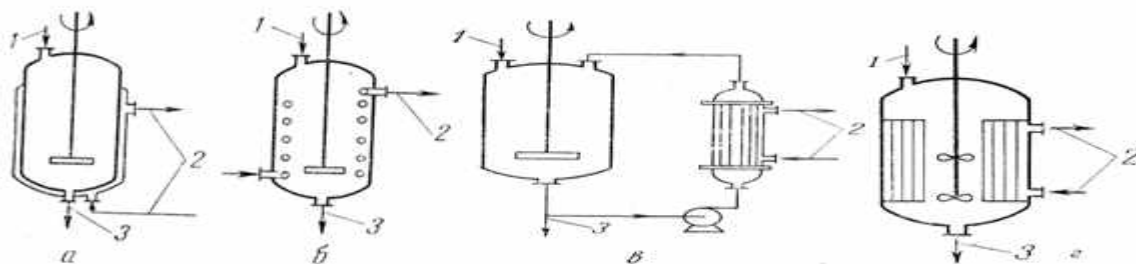


Рисунок 19.1. Схемы теплообменных устройств в реакторах смешения:

а - аппарат с рубашкой; б - аппарат с внутренним змеевиком; в - аппарат с наружным теплообменником; г - аппарат с внутренним теплообменником; 1 - исходное вещество; 2 - теплоноситель; 3 - продукты реакции

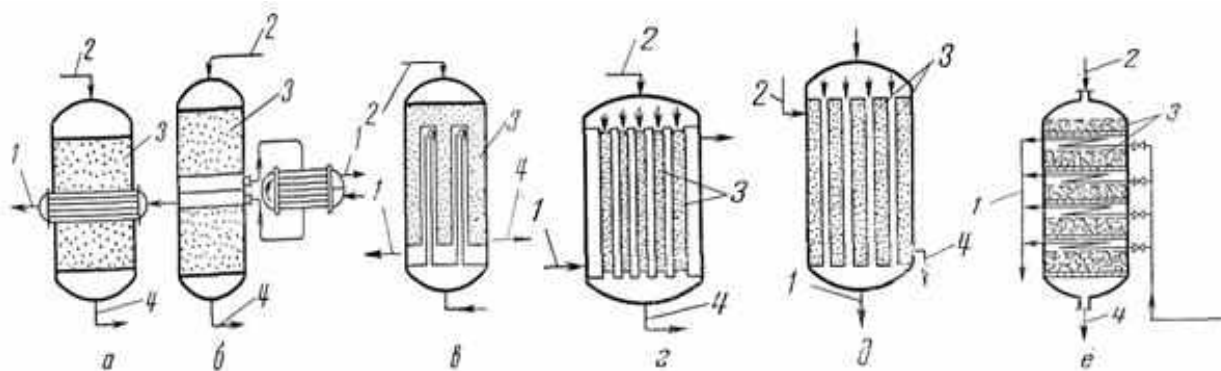


Рисунок 19.2. Схемы теплообменных устройств в реакторах вытеснения:
а - внутренний теплообменник; б - наружный теплообменник; в - двойные трубки;
г, д - кожухотрубчатые теплообменники; е - внутренние змеевики; 1 - теплоноситель (хладагент); 2 - исходное вещество; 3 - катализатор; 4 - продукты реакции

2. Сущность процессов полимеризации и поликонденсации

Полимеризацией называется процесс образования полимеров. При этом взаимодействие молекул мономера (или мономеров) не сопровождается выделением побочных низкомолекулярных соединений.

Процесс полимеризации используется в промышленности д. получения полиолефинов, полистирола, полиакрилатов и большинства каучуков. В качестве исходных веществ для реакций полимеризации применяются ненасыщенные соединения, имеющие двойные или тройные связи (этилен, ацетилен, винилхлорид, стирол, бутадиен и их производные). При полимеризации происходит разрыв двойной связи, в результате чего молекула мономера реагирует другими молекулами.

Процессы полимеризации проводят с использованием катализаторов и инициаторов.

Поликонденсацией называется процесс образования полимеров, при котором взаимодействие молекул мономеров сопровождается выделением побочных низкомолекулярных соединений (воды, спирта, хлористого водорода и др.). Поликонденсация используется в промышленности для получения полиамидов, синтетических смол, кремнийорганических полимеров. В качестве исходных веществ для реакций поликонденсации применяют низкомолекулярные вещества, содержащие реакционноспособные группы (гидроксильные, карбонильные, аминогруппы и др.). Эти реакции также проводятся в присутствии инициаторов или катализаторов.

Процессы полимеризации (поликонденсации) в промышленности осуществляются тремя основными способами: блочным, эмульсионным и полимеризацией в растворе.

При блочном способе мономер в жидкой или газовой фазе вместе с катализатором или инициатором (в отсутствие растворителей) подается в форму (сосуд), и при строго регулируемой температуре основная масса мономера превращается в полимер в виде блока, трубок, листов, стержней, гранул. Блочная полимеризация может происходить периодически и

непрерывно. При непрерывном процессе блоков как таковых не получается и название «блочная» применяется условно, так как полимеризуется чистый полимер. При других способах полимеризация происходит в растворе мономера или в смеси его с дисперсной средой. Таким способом получают полистирол, полиметакрилаты, бутадиеновый каучук и другие полимеры из мономеров, почти не содержащих примесей.

При полимеризации в растворах подбирают такой растворитель, в котором растворим и мономер, и образующийся полимер, либо растворим только мономер. Полимер при этом выпадет в осадок. В первом случае раствором служит лак, и потому этот способ часто используют в лакокрасочной промышленности. Во втором случае осадок полимера в виде мелкодисперсных частиц отделяют фильтрацией, промывают и высушивают.

При полимеризации в растворах жидкость нагревают в реакторе с мешалкой при энергичном перемешивании. Отвод тепла реакции осуществляется при помощи змеевика или рубашки, что намного улучшает тепловой режим процесса по сравнению с «блочным» способом. Поэтому при полимеризации в растворах получают более однородные полимеры, но с меньшим молекулярным весом (по сравнению с другими способами), так как цепи под действием молекул растворителя быстро обрываются.

Эмульсионная полимеризация используется наиболее широко. Осуществляется она в водной среде или в среде углеводородного растворителя. Мономер, водорастворимый инициатор, стабилизатор и другие добавки распределяются при интенсивном перемешивании в воде (или водных растворах солей) в присутствии эмульгатора, образуя эмульсию. Скорость процесса больше, чем при полимеризации другими способами, а образовавшийся полимер имеет наиболее высокую молекулярную массу. На кинетику процесса и степень полимеризации оказывают влияние pH среды, температура, количество инициатора, количество и свойства эмульгатора, скорость и интенсивность механического перемешивания, а также другие факторы. После окончания процесса эмульсию разрушают, добавляя кислоты или другие электролиты.

Недостатки эмульсионной полимеризации - загрязнение полимера эмульгаторами, которые ухудшают свойства получаемого материала. В качестве эмульгаторов используют различные мыла. Эмульсионной полимеризацией получают поливинилхлорид, некоторые марки полистирола, многочисленные сополимеры бутадиена, винилацетата, акрилонитрила и другие полимеры.

Контрольные вопросы:

- 1. Что представляют собой химические реакторы?*
- 2. Классификация химических реакторов.*
- 3. Принцип работы теплообменных устройств в реакторах смешения.*
- 4. Что называется процессом полимеризации?*
- 5. Недостатки эмульсионной полимеризации.*

Занятие 19-2. Пожарная безопасность экзотермических и эндотермических химических процессов.

Учебные вопросы:

- 1. Пожарная профилактика экзотермических процессов.**
- 2. Пожарная профилактика эндотермических процессов.**

Экзотермическая реакция – химическая реакция, протекающая с выделением теплоты (например, горение, нейтрализация). Эндотермическая реакция – химическая реакция. Протекающая с поглощением теплоты (например, процессы восстановления металлов из руд).

1. Пожарная профилактика экзотермических процессов

Примерами наиболее широко распространенных в промышленности экзотермических процессов являются окисление, хлорирование, гидрохлорирование, гидрирование, полимеризация, поликонденсация.

Процессы хлорирования и гидрохлорирования

Реакции хлорирования и гидрохлорирования проводятся с целью введения атома хлора в органическое соединение. Они могут протекать как в жидкой, так и в паровой среде. Так, хлорированием этилена получают дихлорэтан:



а гидрохлорированием ацетиленов получают хлористый винил:



Условия осуществления процессов хлорирования и гидрохлорирования в промышленности весьма разнообразны. Они проводятся при обычных и повышенных температуре и давлении, без катализаторов и с применением их (либо инициаторов), в жидкой или парогазовой фазе.

В качестве исходных продуктов в промышленных процессах хлорирования и гидрохлорирования используют горючие углеводородные газы (метан, этан, этилен, пропилен, ацетилен и др.), легко воспламеняющиеся и горючие жидкости (бензол, толуол, фенол и др.). Конечные и промежуточные продукты в большинстве случаев являются также ЛВЖ и ГЖ (дихлорэтан, хлорбензол, дихлорэтилен и др.) и сжиженными газами (хлористый винил, хлористый метил и др.). Хлор, применяемый в этих процессах, является сильным окислителем, поддерживает горение многих органических веществ, образует взрывчатые смеси с органическими веществами, обладает токсичностью. Хлористый водород и хлор вызывают коррозию оборудования, особенно в присутствии влаги. В качестве хладагентов помимо воды и холодильных рассолов применяются горючие вещества, такие, как аммиак, этилен, водород и другие, что повышает пожарную опасность процессов хлорирования и гидрохлорирования.

Для некоторых газофазных процессов хлорирования (гидрохлорирования) необходим первоначальный подогрев реагентов до 200... 500°C. Используют для этого высокотемпературные теплоносители, в том числе органические,

водяной пар, топочные газы, получаемые сжиганием жидкого или газообразного топлива, что обуславливает наличие открытых источников огня.

Газофазные процессы хлорирования (гидрохлорирования) проводят в реакторах вытеснения непрерывного действия трубчатого или камерного типа с изотермическим или адиабатическим режимом. На рисунке 19.3 показана схема реактора вытеснения трубчатого типа.

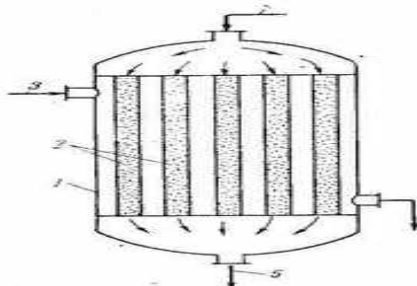


Рисунок 19.3. Схема реактора вытеснения трубчатого типа:

1 - корпус; 2 - катализатор; 3 - теплоноситель (хладагент); 4 - исходные продукты;
5 - продукты реакции

Пары органических веществ и углеводородные газы образуют с хлором взрывоопасные смеси, а скорость реакции хлорирования в значительной степени зависит от состава смеси. В определенном интервале состава хлоруглеводородной смеси скорость реакции резко возрастает и реакция становится неуправляемой, носит взрывной характер. Поэтому предусматривается надежная автоматическая система регулирования безопасного соотношения подачи хлора и углеводородов.

Процессы гидрирования (гидрогенизации)

Гидрирование - это процесс непосредственного присоединения водорода к углеродсодержащим веществам. Например, гидрогенизацией окиси углерода получают метанол:



гидрогенизацией бензола получают циклогенсан:



Процессы гидрирования широко используются в промышленности при получении растворителей, синтетических смол, поверхностно-активных веществ, моторных топлив, технических смазок и т.д. В качестве исходного сырья применяют ароматические углеводороды, альдегиды и кетоны, нитросоединения, синтетические жирные кислоты и др.

Процессы гидрирования экзотермичны. Они проводятся при повышенных температурах (повышается активность катализаторов), при повышенных давлениях, а также при значительном избытке водорода, что позволяет увеличить выход продуктов реакции и поддерживать оптимальный температурный режим. Для каждого процесса гидрирования существует оптимальное время контакта реагирующих веществ с катализатором (от долей минуты до нескольких часов).

Процессы гидрирования происходят как в жидкой, так и в парогазовой фазах. Гидрирование высококипящих веществ производится жидкофазным способом, низкокипящих веществ - парофазным. В промышленных процессах гидрирования обращается большое количество ЛВЖ и ГЖ, которые используются в качестве сырья и получаются в итоге проведения процесса. Горючие жидкости нагреты выше температуры вспышки, а часто — выше температуры самовоспламенения и находятся под повышенным давлением. Для подогрева исходного сырья используются горючие высокотемпературные органические теплоносители. Технологическое оборудование, нагретое выше 200°C и находящееся под давлением газообразного водорода, подвергается активной водородной коррозии.

Для проведения процессов гидрирования применяются реакторы трубчатого или колонного типа с неподвижным слоем катализатора (рисунок 19.4). Катализатор размещается в специальной катализаторной коробке. Холодный водород (или реакционная смесь) подается в кольцевое пространство между корпусом и катализаторной коробкой для снятия тепла. Кроме того, по высоте коробки в нескольких местах тоже вводится холодный водород.

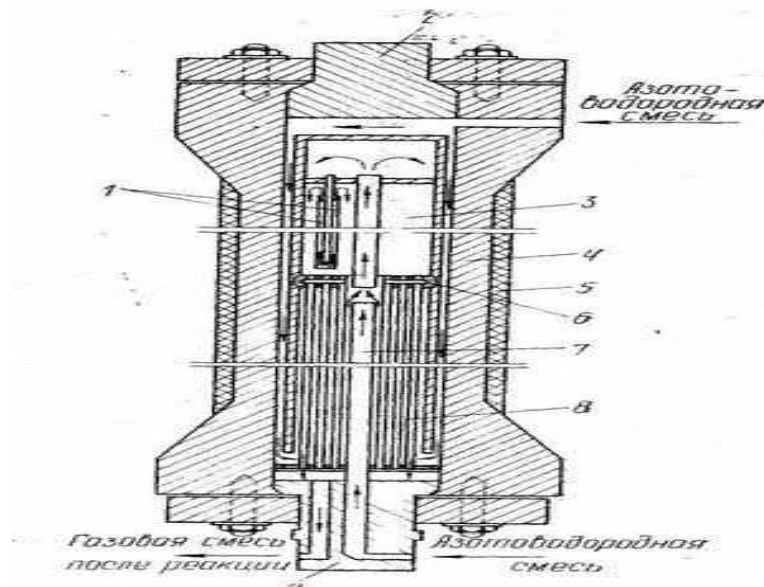


Рисунок 19.4. Колонна для синтеза аммиака под средним давлением:

- 1 - теплообменник; 2 - крышки; 3 - катализаторная коробка; 4 - корпус колонны;
5 - изоляция; 6 - колосниковая решетка; 7 - центральная труба; 8 - теплообменные трубы

Реактор гидрирования заполнен смесью паров ЛВЖ с водородом под давлением. Поскольку при нормальной работе в смеси нет окислителя, взрывоопасные концентрации внутри реактора не образуются.

Пожарная опасность реакторов гидрирования связана с возможностью появления неплотностей, повреждений и с выходом наружу водорода и паров ЛВЖ, с самовоспламенением их при контакте с воздухом. Повышенные давления в реакторах гидрирования могут возникать из-за:

- нарушения температурного режима (перегревов исходного сырья, ухудшения теплоотвода из реакционной зоны). В реакторах газофазного гидрирования давление увеличивается пропорционально повышению температуры;
- спекания и измельчения катализатора, что ведет к повышению гидравлического сопротивления слоя;
- прогара труб, ведущего к аварии и пожару;
- попадания в реактор жидкого продукта и его вскипания.

2. Пожарная профилактика эндотермических процессов

Эндотермические процессы наиболее широко представлены в промышленности как дегидрирование и пиролиз углеводородов.

Дегидрирование

Дегидрированием называется химический процесс отщепления атомов водорода от органических соединений. Дегидрированием получают мономеры для производства синтетических каучуков, пластических масс, ионообменных смол.

Процессы дегидрирования парафиновых и олефиновых углеводородов, в результате которых получают высокооктановые бензины, ароматические углеводороды, диеновые углеводороды, занимают одно из важнейших мест в современной нефтехимической промышленности. Они относятся к числу наиболее крупнотоннажных производств нефтехимического синтеза.

Процессы дегидрирования в промышленных условиях проводятся при относительно высоких температурах (от 200 до 600...650°C) в присутствии катализатора и при подводе тепла в зону реакции. Реакция дегидрирования сопровождается увеличением объема реагирующих веществ. Поэтому для увеличения выхода продуктов реакции процесс осуществляют при давлениях, близких к атмосферному, или под вакуумом. Понижение давления достигается введением разбавителей (водяного пара, азота, водорода, двуокиси углерода и др.), которые снижают парциальное давление исходных продуктов.

Дегидрирование парафиновых углеводородов проводят в парогазовой фазе на поверхности твердых катализаторов (окислов хрома, никеля и других металлов) при 530...560°C. Исходное сырье испаряют, превращают в перегретый пар и подают в реакторы дегидрирования. После проведения реакции смесь газов (контактный газ) очищают от пыли катализатора и охлаждают. При этом тяжелые углеводороды конденсируются и отделяются в сепараторах. Дальнейшее разделение газов осуществляется абсорбцией и ректификацией.

Катализатор через определенное время требует регенерации, которая осуществляется путем подачи воздуха для выжигания смолистых отложений и кокса. Регенерацию проводят в специальных регенераторах, соединенных с реакторами. Большое значение имеет продолжительность контактирования сырья с катализатором. Для каждой температуры существует свое оптимальное время контактирования. С повышением температуры оно уменьшается.

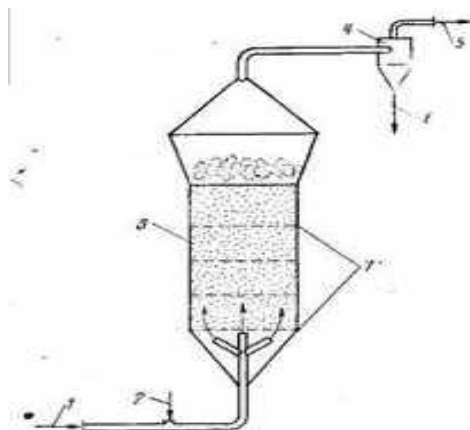


Рисунок 19.5. Схема реактора с «кипящим» слоем катализатора:

1 - подача исходной смеси; 2 - подача свежего катализатора; 3 - реактор; 4 - циклон; 5 - линия продуктов реакции; 6 - отработанный катализатор; 7 - распределительные решетки

Процессы дегидрирования осуществляются преимущественно в реакторах с «кипящим» слоем катализатора (рисунок 19.5). Катализатор находится на распределительных решетках 7. Перегретые пары (газы) пропускают снизу вверх через решетки с такой скоростью, чтобы частицы катализатора пришли в движение, а весь слой перешел из неподвижного в подвижное (взвешенное) состояние. При таком состоянии слой напоминает кипящую жидкость, откуда и идет название «кипящий» слой. В «кипящем» слое происходит мгновенное выравнивание температуры, интенсифицируются процессы тепломассообмена; активность катализатора повышается. Недостаток - унос катализатора из реактора, особенно мелких частиц. Для уменьшения уноса сечение верхней части реактора увеличивают с таким расчетом, чтобы уменьшить скорость потока газов в 5...6 раз. Улавливание уносимой катализаторной пыли осуществляется в циклонах 4 и электрофилтрах.

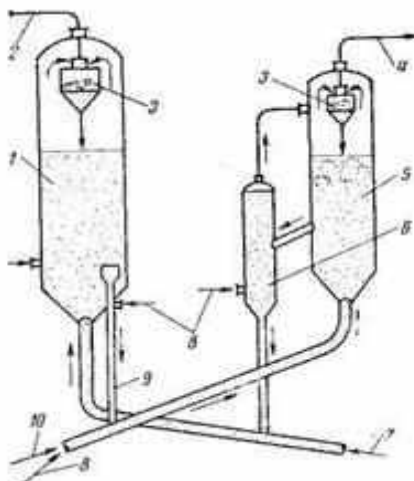


Рисунок 19.6. Схема реактора с «кипящим» слоем и регенератора для восстановления активности катализатора:

1 - регенератор; 2 - линия регенерационных газов; 3 - батарейный циклон; 4 - продукты реакции на разделении; 5 - реактор; 6 - отпарная колонна; 7 - горячий воздух; 8 - подача водяного пара; 9 - подача восстановленного катализатора в реактор; 10 - подача сырья

Использование двухаппаратной системы «реактор - регенератор» позволяет непрерывно осуществлять процессы дегидрирования и восстановления катализатора (рисунок 19.6). Из реактора 5 после контактирования реакционная смесь выводится на разделение, а отработанный катализатор поступает в отпарную колонну 6, из которой потоком горячего воздуха подается в регенератор /. В регенераторе во взвешенном слое частички катализатора омываются горячим воздухом. Органические отложения постепенно выгорают (при температуре около 600...650°C). Катализатор аккумулирует часть выделяющегося тепла и по трубе 9 поступает в линию подачи сырья 10, по которой и возвращается в реактор.

Двухаппаратная система «реактор - регенератор» обладает специфичной пожарной опасностью. Реактор заполнен горючими продуктами, в регенератор подается воздух. При повышении давления в реакторе горючие пары и газы могут попасть в регенератор, а при повышении давления в регенераторе воздух может перейти в реактор. В обоих случаях могут образоваться горючие смеси.

Повышение давления в регенераторе может быть при попадании воды из котла-утилизатора в систему отвода продуктов горения из регенератора. Повышение давления в реакторе может быть из-за прекращения подачи воды в конденсаторы-холодильники (после реактора) или при внезапном отключении компрессоров, находящихся в последующих цехах разделения продуктов реакции. Образование пробок в линиях транспорта катализатора также может нарушить работу системы «реактор - регенератор» и обусловить попадание воздуха в реактор или горючих газов в регенератор.

При недостаточной подаче горячего воздуха в регенератор или при сильном загрязнении катализатора горючими отложениями в регенераторе будет происходить неполное сгорание вещества с образованием окиси углерода, которая с воздухом может образовать взрывоопасную смесь. Во избежание этого предусматривается автоматическое регулирование расхода воздуха, подаваемого на регенерацию катализатора. Дымовые газы, выходящие из регенератора, контролируют на содержание окиси углерода. При обнаружении опасных концентраций вводят азот.

Контрольные вопросы:

- 1. Что представляет собой экзотермическая реакция?*
- 2. Принцип работы реактора вытеснения трубчатого типа.*
- 3. В чем заключается пожарная профилактика эндотермических процессов?*
- 4. При каких температурах проводятся процессы дегидрирования в промышленных условиях?*

Тема 20. Методика изучения технологии производства.

Органы Государственного пожарного контроля в соответствии с поставленными перед ними задачами:

- осуществляют контроль за соблюдением министерствами, ведомствами, организациями, должностными лицами, а также гражданами правил и норм,

направленных на предотвращение пожаров, обеспечение безопасности людей в случае возникновения пожара, обеспечение объектов народного хозяйства и населенных пунктов: средствами противопожарной защиты и пожарной техники, а также других правил и норм пожарной безопасности;

- разрабатывают обоснованные рекомендации (для соответствующих органов) по усилению пожарной защиты городов (населенных пунктов) и объектов народного хозяйства;

- оказывают предприятиям, учреждениям, организациям помощь в деле обучения рабочих, служащих, учащихся правилам пожарной безопасности и повышения квалификации инструкторов (инженеров) пожарной профилактики.

В целях поддержания высокого уровня пожарной безопасности в стране органы Государственного пожарного контроля вправе привлекать (по согласованию с руководителями объектов, организаций) соответствующих специалистов к участию в разработке мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и развития пожара.

В соответствии с действующим законодательством работники Государственного пожарного контроля могут применять меры административного воздействия к должностным лицам и гражданам за нарушение правил пожарной безопасности, а также приостанавливать частично или полностью работу предприятий, в которых создавалась непосредственная угроза возникновения пожара.

Пожарный специалист должен изучить основные технологические процессы (операции) и работу технологического оборудования в такой степени, чтобы иметь возможность оценить их пожарную опасность, определить необходимые меры, ее предотвращающие. Для этого он должен знать принципиальную технологическую схему производства и его реальное размещение.

Технологическая схема производства - это последовательность технологических операций (процессов) по превращению сырья в готовую продукцию. Существуют полная (подробная) технологическая схема и принципиальная.

Полная технологическая схема представляет собой подробное графическое изображение и описание технологического процесса, включая все операции, аппараты, резервное оборудование, контрольно-измерительные приборы и автоматику, защитные устройства, системы регенерации тепла и веществ, резервную обвязку трубопроводами и т. п. Полная технологическая схема необходима при детальном изучении технологии, но она не очень удобна при первичном изучении технологического процесса, так как суть теряется в подробностях. При первичном изучении производства лучше работать с принципиальной технологической схемой, которая обычно содержит следующую информацию:

- последовательность технологических операций (нагревание, охлаждение, окраска, сушка, химические реакции и т.д.);

- основное технологическое оборудование (теплообменные аппараты, ректификационные колонны, насосы, компрессоры и т.п. без указания количества однотипных аппаратов;

- нормы технологического режима (давление, температура, концентрация и т.п.);

- места ввода в процесс сырья и вспомогательных веществ и вывода из процесса готовой продукции, побочных продуктов и отходов производства.

Принципиальная технологическая схема позволяет получить информацию о физико-химической сущности протекающих в производстве процессов и, следовательно, часть исходных данных для исследования пожарной опасности данного производства.

В основу разделения технологической схемы на участки могут быть положены различные признаки: стадии производства; применяемое оборудование; функциональные особенности.

Если в распоряжении пожарного специалиста нет принципиальной технологической схемы, но есть полная, рекомендуется провести работу по упрощению полной схемы и превращению ее в принципиальную. Эту работу могут выполнить специалисты и проектной организации, и предприятия, и пожарной охраны.

При разработке принципиальной технологической схемы (из полной) следует придерживаться следующих рекомендаций:

- показывать только одну из нескольких однотипных технологических ниток;

- показывать только одну из нескольких однотипных операций или один из нескольких параллельных (или последовательных) однотипных аппаратов;

- исключить резервное оборудование;

- исключить (или упростить) системы регенерации (утилизации) тепла;

- исключить обвязку аппаратов дополнительными трубопроводами;

- исключить контрольно-измерительные приборы и автоматику;

- исключить все защитные приборы и устройства.

Однако ни принципиальная, ни полная технологическая схемы не дают представления о технологии производства, достаточного для последующего анализа его пожарной опасности. Возникновение и развитие пожара на производстве определяется не только характером технологического оборудования, но и размещением его в здании либо на открытой площадке, габаритами и т.п. Поэтому второй источник информации о производстве - его реальное размещение. В документации, описывающей реальное размещение производства, содержатся сведения о действительном количестве одинаковых технологических ниток, о многократно повторяющихся однотипных технологических операциях, об аппаратах одинакового назначения, о резервном оборудовании и т.п. В частности, указываются:

- основные технологические аппараты (количество, конструкция, емкость);

- основные транспортные коммуникации (конструкция, протяженность);
- технологические потоки обращающихся в производстве веществ и материалов;
- места промежуточного и базисного хранения материалов (их вид и количество);
- ограждающие строительные конструкции, проходы, проемы, разрывы; рабочие места людей (количество);
- места концентрации материальных ценностей.

Контрольные вопросы:

1. *Что представляет собой технологическая схема производства?*
2. *Какую информацию содержит принципиальная технологическая схема производства?*
3. *Меры профилактики при разработке принципиальной технологической схемы производства.*
4. *Что указывается в документации. Описывающей реальное размещение производства?*

Тема 21. Пожарно – техническая экспертиза технологических процессов на стадии проектирования и эксплуатации.

Остановимся на некоторых проектных решениях, обеспечивающих пожаровзрывобезопасность технологических процессов производств.

1. Выбор наиболее пожаробезопасных методов производства, схем технологических процессов, их аппаратного оформления, то есть использование таких видов сырья, таких способов его переработки, типов и режимов работы технологического оборудования, которые бы способствовали отсутствию выделения пожаровзрывоопасных паров, газов, пылей. Следует отдавать предпочтение герметичным аппаратам и аппаратам непрерывного действия.

2. Применение средств механизации и автоматизации пожаровзрывоопасных технологических процессов. При непрерывных технологических процессах сохраняются постоянные условия проведения каждой его стадии; используемая аппаратура легче подвергается герметизации; уменьшается опасность местных перегревов, а также других технологических нарушений. При одной и той же производительности производств общий объем аппарата в непрерывном процессе всегда значительно меньше, чем в периодическом.

3. Выбор оптимального варианта размещения технологического оборудования позволяет обеспечить рациональное разделение всего производственного процесса на участки (отделения) по степени их пожарной опасности. При размещении в одном производственном здании технологического оборудования с различной степенью пожарной опасности оборудование с одинаковой степенью пожарной опасности группируют так, чтобы более опасные участки были изолированы от менее опасных.

Технологическое оборудование, при работе которого могут выделяться газы и пары тяжелее воздуха, следует располагать в первых этажах зданий, а технологическое оборудование с выделением газов и паров легче воздуха - в верхних этажах здания. Технологическое оборудование, при работе которого могут выделяться особо пожароопасные вещества, по возможности следует размещать вне производственного здания - на открытых площадках и этажерках.

4. Использование в качестве сырья и вспомогательных материалов негорючих или менее горючих веществ создает большие возможности снижения пожарной опасности технологии производства.

При проектировании новых производств проектные организации совместно со своими отраслевыми НИИ и лабораториями должны предварительно провести работу по изучению состава и свойств сырья, промежуточных побочных и конечных продуктов производства, потери продуктов в окружающую среду с отходящими газами и сточными водами.

5. Использование инертных газов и вакуума для создания без опасных условий проведения технологических процессов также нашло широкое применение. В производствах, в которых по технологическим причинам нельзя исключить возможность образования горючих концентраций, используют инертные газы и вакуум для создания безопасных условий.

Инертные газы (главным образом азот, а также углекислый газ, аргон и др.) находят широкое применение в качестве средства, предупреждающего окисление продуктов, взрывы и загорания. Снижая концентрацию кислорода ниже критических величин (путем разбавления взрывоопасных смесей инертными газами), можно превратить взрывоопасные смеси в невзрывоопасные.

Во взрывоопасных производствах инертные газы применяются также для продувки аппаратов и коммуникаций при подготовке их к ремонту и чистке, а также перед пуском системы после остановок, вскрытия или нарушения герметичности.

Инертные газы используют при перекачивании легковоспламеняющихся жидкостей; для защиты аппаратов с остатками ЛВЖ (при проведении ремонтных работ с применением открытого огня); для сухого размола некоторых легкогорючих твердых веществ (например, серы); для пуска и остановки пневмотранспорта горючих веществ; при стравливании вакуума в системах со взрывоопасными средами; при испытании оборудования на герметичность; для защиты от искр статического электричества (если нет возможности предупредить их образование).

Любой метод пожарно-технического обследования предполагает три этапа: подготовительный (организационный), основной (контрольно-проверочный, расчетно-аналитический), заключительный.

Пожарно-техническое обследование, как правило, является комплексным, охватывает все направления обеспечения пожарной безопасности объекта.

Пожарно-техническое обследование технологических процессов производств предусматривает:

- проверку соответствия технологических процессов и оборудования требованиям типовых и отраслевых правил пожарной безопасности;
- проверку правильности определения категории пожаровзрывоопасности производств (по СНиПам) и классов зон (по ПУЭ);
- проверку соответствия имеющейся защиты требованиям пожарной безопасности (с соответствующим обоснованием и проверочными расчетами);
- решение вопросов обучения рабочих и служащих объекта правилам пожарной безопасности;
- проверку состояния профилактической работы пожарно-технических комиссий и добровольных пожарных дружин;
- внедрение научно-технических достижений в противопожарную защиту технологических процессов.

Существует два вида пожарно-технического обследования; детальное и контрольное (оперативное). Контрольное обследование проводится в основном для проверки ранее предложенных мероприятий, а также в случае возникновения на объекте особых обстоятельств, вызывающих необходимость срочного решения вопросов и принятия дополнительных мер пожарной безопасности. При проведении детального пожарно-технического обследования используются индивидуальный, групповой и бригадный методы.

Контрольные вопросы:

- 1. Проектные решения, обеспечивающие пожаровзрывобезопасность технологических процессов производств.*
- 2. Что позволяет обеспечить выбор оптимального варианта размещения технологического оборудования?*
- 3. Что предусматривает пожарно-техническое обследование технологических процессов производств?*
- 4. Виды пожарно – технического обследования.*

Список использованной литературы

1. Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности», утвержден приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 23 июня 2017 года № 439.
2. Алексеев М.В. и др. Пожарная профилактика технологических процессов производств. – М,1986.
3. Алексеев М.В. Основы пожарной профилактики технологических процессов производств. – М,1972.
4. ГОСТ 12.1004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
5. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
6. ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность. Общие требования».
7. Справочник. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения. Ч.1,2. М.; Химия,1990.
8. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230 «Об утверждении Правил устройства электроустановок».
9. Постановление Правительства Республики Казахстан от 9 октября 2014 года № 1077 «Об утверждении Правил пожарной безопасности»
10. СТБ 11.0.02-95 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность Общие термины и определения».
11. Белов С.В. Безопасность производственных процессов. Справочник – М,1985.
12. Швырков С.А. Пожарная безопасность технологических процессов. Москва, 2012
13. Абрамов А.С., Мартенко Е.А., Любаков Е.А. Пожарная безопасность технологических процессов производств. Омск, 2009
14. Клубань В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. М,1987.
15. Горячев С.А. Пожарная профилактика технологических процессов. М,1996.
16. Сучков В.П. Методы оценки пожарной опасности технологических процессов. М,2001.

