

17-1335
А 47
АЛЕКСИ
М. В. АЛЕКСЕЕВ, В. М. СМИРНОВ

**ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ,
СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ
ГОРЮЧИХ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ
ЖИДКОСТЕЙ**



1955

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ

проверено

М. В. АЛЕКСЕЕВ, В. М. СМЕРНОВ

А. 117

П. 1:35

А47

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ,
СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ
И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

5591



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва — 1955

✓

В книге рассматриваются пожарная опасность и пожарно-профилактические мероприятия в технологических процессах и отдельных производствах, связанных с применением, переработкой и хранением легковоспламеняющихся жидкостей (в частности, процессов нагревания горючих жидкостей, разделения жидких и паровоздушных смесей, производства синтетического каучука, окраски, сушки и др.).

Предназначена в качестве пособия для начальствующего состава пожарной охраны, инженерно-технического персонала промышленных предприятий, а также для слушателей высших пожарно-технических курсов.



ПРЕДИСЛОВИЕ

В нашей стране с каждым годом увеличивается потребление керосина, бензина, дизельного топлива, смазочных масел, технического спирта, растительных масел, различных растворителей и других легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Получением, переработкой и хранением горючих жидкостей занимается большое количество разнообразных производств.

Технологические процессы этих производств при неправильном устройстве оборудования или нарушении правил его эксплуатации связаны с возможностью возникновения пожаров и взрывов.

Для сбережения от огня всех объектов народного хозяйства в СССР разработана широкая система предупредительных мероприятий. Чтобы правильно проводить эти мероприятия, работники пожарной охраны и обслуживающий персонал предприятий должны глубоко изучить причины возникновения пожаров, освоить имеющийся опыт их предупреждения.

Предупреждение пожаров является основой работы пожарной охраны Советского Союза.

Безопасные методы ведения технологических процессов, в том числе связанных с обращением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, разрабатываются и совершенствуются новаторами производства, инженерно-техническими работниками и многочисленными научно-исследовательскими институтами и организациями. Обобщением передового опыта пожарно-профилактической работы в Советском Союзе занимаются ГУПО, ЦНИИПО и пожарно-технические лаборатории.

В настоящей книге на основе обобщения имеющихся теоретических и практических данных освещаются причины возникновения пожаров на предприятиях, связанных с обращением горючих жидкостей, и рассматриваются мероприятия, направленные на предупреждение пожаров.

Изложить в одной книге вопросы пожарной профилактики даже основных производств, связанных с получением, переработкой и применением горючих жидкостей, практически невозможно.

Однако каждое производство состоит из совокупности отдельных процессов, которые очень часто совпадают по своему на-

значению и протекают аналогично. Поэтому, чтобы разобраться в вопросах пожарной профилактики разнообразных производств, достаточно изучить пожарную опасность и пожарно-профилактические мероприятия для наиболее часто встречающихся процессов. Эти вопросы освещаются в первом разделе книги.

Во втором разделе рассматриваются вопросы пожарной профилактики некоторых пожароопасных производств, связанных с наличием легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а в третьем разделе — вопросы пожарной профилактики при хранении этих жидкостей.

Введение к книге и главы I—IX написаны М. В. Алексеевым, главы X—XVI — В. М. Смирновым.

Книга рассчитана на начальствующий состав пожарной охраны и инженерно-технических работников соответствующих производств.

ВВЕДЕНИЕ

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА

Пожар, а также взрыв смесей паров, газов и пылей с воздухом по своей химической сущности представляют собой процесс горения. Горение в абсолютном большинстве случаев происходит в результате соединения горючего вещества с каким-либо окислителем.

Наиболее распространенным в природе окислителем является кислород, находящийся в свободном состоянии в воздухе (занимая 21% его объема) и в химически связанном состоянии в различных химических соединениях.

Поэтому при большинстве пожаров горение веществ происходит за счет кислорода воздуха.

Значительно реже горение и взрыв представляют собой процесс соединения горючего вещества с хлором, фтором, бромом и другими окислителями, а также процесс разложения нестойких химических соединений (например, взрывчатых веществ, сжатого ацетилена и др.).

Все окислительные процессы протекают с выделением тепла, т. е. являются экзотермическими реакциями. Количество выделяющегося тепла зависит от свойств горючего вещества и скорости окисления. Большинство веществ при нормальной температуре либо не окисляется, либо окисляется сравнительно медленно. Увеличить скорость реакции окисления, довести вещество до воспламенения можно путем дополнительного подогрева его. Тепло, подводимое к веществу извне и выделяющееся в результате окислительных процессов, расходуется на нагрев вещества и на возмещение тепловых потерь в окружающую среду. Согласно тепловой теории самовоспламенения, разработанной академиком Н. Н. Семеновым, вещество может воспламениться только в том случае, если количество тепла, выделяющегося за счет окисления, будет достаточно для возмещения всех тепловых потерь. Температура, до которой нужно нагреть вещество, чтобы оно воспламенилось, называется температурой самовоспламенения.

Следовательно, чтобы горючее вещество воспламенилось и продолжало гореть, необходимо наличие достаточного количества кислорода и теплового источника определенной мощности,

способного нагреть вещество до температуры его самовоспламенения.

Только одновременное сочетание этих трех факторов, т. е. горючего вещества, кислорода и источника воспламенения, может вызвать горение.

Нужное количество кислорода для образования горючей среды может быть получено или из окружающего воздуха, или за счет разложения кислородоотдающих веществ (так называемых окислителей).

Источником воспламенения может служить любой источник тепла, способный нагреть горючую среду до температуры самовоспламенения.

Начавшийся пожар быстро развивается при наличии значительного количества горючих веществ, при свободном доступе кислорода к месту горения, а также при наличии условий, способствующих распространению огня.

Естественно, что указанные объективные условия возникновения и развития пожара должны лежать в основе анализа пожарной опасности и в основе пожарно-профилактических мероприятий.

Следовательно, для того чтобы прийти к выводу о возможности возникновения пожара, необходимо выяснить возможность сочетания имеющихся горючих веществ с кислородом, т. е. установить наличие или возможность образования горючей среды, а также появления источника воспламенения.

Необходимо также проанализировать особенности развития пожара и выявить возможные пути его распространения.

В такой последовательности целесообразно вести анализ пожарной опасности технологических процессов.

ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА, ОБРАЩАЮЩИЕСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Наша промышленность применяет и обрабатывает большое количество горючих веществ, отличающихся друг от друга своим состоянием, химическими и физическими свойствами.

Горючие вещества могут быть твердыми, жидкими, газообразными и пылевидными (разновидность твердых веществ). Нередко в условиях производства они нагреваются до высоких температур или находятся под высоким давлением.

Твердые горючие вещества. В производственных условиях очень часто подвергаются обработке или участвуют в технологическом процессе такие твердые горючие вещества, как древесина, уголь, хлопок, лен, пластические массы, каучук, битум, асфальт, сера и др.

Все твердые вещества имеют неизменяющуюся без внешнего воздействия форму; большинство из них при нормальных условиях трудно или совсем не окисляется кислородом воздуха, не разлагается и не выделяет горючих паров и газов.

В подавляющем большинстве случаев твердые вещества в условиях производства не изолируются от воздуха, т. е. всегда «омываются» воздухом (например, процессы обработки древесины, волокнистых материалов, целлулоида, киноплёнки и т. п.).

Пожароопасные свойства твердых горючих веществ, находящихся в воздухе, при всех прочих равных условиях зависят от их химического состава и физического состояния.

Как известно, пламенем горят не сами твердые вещества, а газообразные и парообразные продукты, выделяющиеся при разложении и испарении этих веществ в процессе нагревания.

Химический состав и строение вещества как раз и определяют степень его термической стойкости, состав продуктов разложения и их количество. Антрацит труднее воспламенить, чем древесину, так как он состоит почти из чистого углерода, при нагревании выделяет мало летучих веществ и имеет значительный коэффициент теплопроводности. Древесина состоит из менее термически стойкого вещества — клетчатки, — обладает значительно большим выходом летучих и меньшим коэффициентом теплопроводности.

При одном и том же химическом составе твердого вещества и одинаковой его влажности температура самовоспламенения, быстрота воспламенения и скорость сгорания в сильной степени зависят от физического состояния вещества и, главным образом, от величины и формы его частиц. Размеры и форма твердых тел учитываются величиной их удельной поверхности, т. е. отношением площади поверхности частицы к ее объему или весу. Чем больше удельная поверхность, тем быстрее воспламеняется и горит вещество. Это объясняется тем, что при большой удельной поверхности увеличивается количество тепла, приходящееся на единицу веса вещества при нагревании, и поэтому температура нагреваемого тела быстро повышается.

Скорость восприятия тепла зависит также от состояния поверхности. Быстрее нагреваются шероховатые и темные поверхности. Это объясняется тем, что шероховатые и темные поверхности по сравнению с гладкими и светлыми поглощают больше тепловых лучей и меньше отражают их.

На температуру самовоспламенения некоторых твердых тел влияет длительность действия источника тепла. Длительное действие источника тепла снижает температуру самовоспламенения вещества.

Скорость горения твердых веществ в сильной степени зависит от условий притока воздуха и количества кислорода, находящегося в воздухе. При наличии в воздухе кислорода менее 15—16% горение твердых веществ вообще не может иметь места. Исключение составляют такие вещества, которые при разложении способны окисляться за счет собственного кислорода (например, нитросоединения).

Горючие пыли. В производственных условиях горючие пыли могут являться конечным продуктом (например, пылевидное

топливо, сахарная пудра, древесная мука и т. п.) или отходами производства и побочными продуктами (например, мучная, табачная, древесная пыль и др.).

Размеры частичек пыли обычно колеблются в весьма широких пределах. В зависимости от размеров своих частиц и состояния окружающей среды пыль может находиться во взвешенном состоянии (аэрозоль) или в осевшем состоянии (аэрогель). При изменении скорости движения воздушных потоков осевшая пыль легко переходит во взвешенное состояние, а взвешенная пыль — в осевшее состояние.

Взвешенная и осевшая пыль может находиться внутри производственной аппаратуры и в объеме производственного помещения.

Взвешенная в воздухе горючая пыль при определенных концентрациях образует взрывоопасные смеси.

Пределы взрыва пылевоздушных смесей и температура самовоспламенения их зависят главным образом от свойств того твердого вещества, из которого пыль получена, и от степени измельченности, т. е. от размеров частиц пыли.

Практическую опасность образования взрывоопасных концентраций в производственных помещениях представляют пыли с величиной нижнего предела взрыва до 65 г/м^3 . Такие пыли по классификации, предложенной ЦНИИПО в 1951 г., считаются взрывоопасными. Пыли, имеющие нижний предел взрыва выше 65 г/м^3 , считаются только пожароопасными.

Температура самовоспламенения взвешенных пылей всегда выше температуры самовоспламенения осевшей пыли, а также тех твердых тел, из которых пыль получена.

Для примера можно привести свойства нескольких пылевоздушных смесей (табл. 1).

Таблица 1

Свойства различных пылей

Наименование пыли	Нижний предел взрыва в г/м^3	Температура самовоспламенения в $^{\circ}\text{C}$	
		пыли	твердого вещества
Древесная мука	25,2	700	до 400
Торф фрезерный	20,2	775	280
Угольная пыль подмосковной пылеприготовительной установки .	139	950	300—400

Пыль в осевшем состоянии может тлеть даже без доступа воздуха или при содержании кислорода в воздухе значительно меньше 15—16%. Это объясняется тем, что на поверхности частичек пыли адсорбируется кислород воздуха.

Некоторые осевшие пыли, находясь длительное время в неподвижном состоянии, способны самовозгораться.

Горючие жидкости. В производственных условиях подвергаются обработке или участвуют в технологическом процессе при различных температурах и давлениях разнообразнейшие легковоспламеняющиеся и горючие жидкости: нефтепродукты, растительные масла, ароматические углеводороды, спирты, эфиры, альдегиды, кетоны, органические кислоты и др.

Жидкости в условиях производства обязательно находятся в определенных объемах — резервуарах, аппаратах, трубопроводах и т. п. Эти объемы могут быть открытыми и закрытыми.

Все жидкости испаряются при любой температуре и имеют соответствующее данной температуре давление паров. Чем выше испаряемость жидкости, тем больше давление ее паров и тем ниже температура кипения.

Например, диэтиловый эфир имеет при 20°C давление пара 433 мм рт. ст., температура его кипения равна 35°C , а скорость испарения — около $1,2\text{ см}^3$ пара в 1 мин. с площади в 1 см^2 . При тех же условиях этиловый спирт-ректификат имеет давление пара 44,5 мм рт. ст., температуру кипения 78°C , а скорость испарения — около $0,1\text{ см}^3$ пара в 1 минуту.

При наличии открытых аппаратов или емкостей большое давление паров может привести к значительным потерям жидкостей путем испарения, к выходу большого количества паров в производственное помещение. Это, а также необходимость работы под повышенным давлением или разрежением ограничивают применение открытой аппаратуры с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Известно, что горят не сами жидкости, а их пары. Чем ниже температура, при которой образуется горючая концентрация паров, тем опаснее жидкость. В соответствии с этим «Нормы и технические условия проектирования складских предприятий и хозяйств для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей» (Н 108—53) разделяют жидкости на легковоспламеняющиеся (с температурой вспышки паров 45°C и ниже) и горючие (с температурой вспышки паров выше 45°C).

Горючая концентрация паров может образоваться как внутри аппаратов с жидкостями, так и в производственном помещении.

Внутри аппаратов горючая концентрация паров (насыщенных) образуется только в том случае, если температура жидкости находится в интервале температурных пределов взрываемости. При этом горение будет носить характер взрыва.

В производственное помещение из аппаратов могут выходить пары и может изливаться жидкость.

При выходе из аппаратов значительного количества паров с концентрацией в пределах взрыва или выше верхнего предела взрыва внутри производственного помещения могут образоваться взрывоопасные концентрации.

Такое же явление наблюдается при разливе или утечке из аппаратов жидкостей, нагретых выше температуры вспышки.

Для того чтобы узнать, какое количество жидкости должно испариться для образования взрывоопасных концентраций паров во всем объеме помещения или аппарата, достаточно свободный объем умножить на величину нижнего предела взрыва данных паров, выраженного в г/м³.

Если пары с концентрацией выше верхнего предела взрыва или жидкость, нагретая выше температуры вспышки, при выходе из аппарата сразу соприкасаются с источником воспламенения, то взрыва не происходит, а наблюдается обычное горение.

Наиболее частой причиной выхода паров и жидкостей из аппаратуры наружу или попадания воздуха внутрь системы является несовершенство операций загрузки и опорожнения, а также образование неплотностей и повреждений аппаратов.

Температура вспышки горючих жидкостей, пределы взрыва их паров, температура самовоспламенения и теплотворная способность различны для всех жидкостей. Это видно из табл. 2.

Таблица 2

Свойства некоторых горючих жидкостей

Наименование жидкости	Температура вспышки в °С	Верхний температурный предел взрываемости в °С	Пределы взрыва в %	Температура самовоспламенения в °С	Теплотворная способность в ккал/кг
Ацетон ($\text{CH}_3\text{—CO—CH}_3$) .	—20	+6	2,6—12,2	570	7360
Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	+11	+39	3,3—17,2	510	7140
Сероуглерод (CS_2)	—43	+26	1,0—51,3	112	3250

Подобные данные для всех жидкостей можно найти в справочниках. Необходимо иметь в виду, что действительные величины пределов взрыва и температур самовоспламенения могут не совпадать с табличными данными. Они зависят от реальных условий, т. е. от наличия примесей, величины рабочего давления, от материала и объема сосуда. Это относится не только к жидкостям, но также к газам и пылям.

Горючие газы. В производственных условиях часто приходится иметь дело с получением, переработкой и использованием разнообразнейших горючих газов и всевозможных газовых смесей, находящихся в различных температурных условиях и при различных давлениях. К наиболее распространенным горючим газам относятся: водород, ацетилен, аммиак, коксовый, генераторный, водяной, естественный газы и др.

Газы обладают еще большей, чем жидкости, текучестью и диффузионной способностью. Поэтому в производственных условиях газы находятся в герметически закрытых емкостях, аппаратах и трубопроводах. Образование горючей среды вне аппа-

ратуры, т. е. внутри производственного помещения, возможно только в случаях выхода газов через неплотности и повреждения аппаратов в количествах, достаточных для создания взрывоопасных концентраций. При этом, если выходящая через неплотности струя газа сразу же будет воспламенена, взрывоопасные концентрации не возникнут — газ будет гореть, образуя факел пламени.

Образование горючей среды внутри производственной аппаратуры с газом возможно только при наличии в ней достаточного количества воздуха или неплотностях и повреждениях, если давление в аппаратах меньше внешнего давления. В этом случае внутрь аппаратов подсасывается воздух.

Пределы взрыва, скорость сгорания, давление при взрыве, температура самовоспламенения и теплотворная способность для всех газов различны.

Это видно из табл. 3.

Таблица 3

Свойства некоторых горючих газов

Наименование газа	Пределы взрыва в %	Температура самовоспламенения в °С	Теплотворная способность в ккал/м³
Водород	4,0—80,0	570	до 3050
Генераторный газ	20,0—74,0	700	до 1500
Аммиак	15,5—27,0	780	—

Таким образом, чтобы установить в данном помещении наличие горючей или взрывоопасной среды, а также возможные масштабы пожара, необходимо выяснить, какие вещества подвергаются обработке, каково их количество, в каком состоянии они находятся и каковы их пожароопасные свойства в реальных условиях. При наличии аппаратов с жидкостями, газами и горючими пылями необходимо, кроме того, установить причины, которые могут способствовать образованию неплотностей и повреждений в момент эксплуатации этих аппаратов.

ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АППАРАТУРЫ И ТРУБОПРОВОДОВ

Условия работы производственной аппаратуры весьма разнообразны и иногда очень тяжелы.

Материал производственной аппаратуры постоянно находится под воздействием обрабатываемых продуктов и внешней среды, а иногда подвергается воздействию изменяющихся во времени температуры и давления.

В большинстве случаев на материал аппаратов действуют одновременно несколько факторов. Кажущаяся, на первый

взгляд, непосредственной причиной повреждения аппарата может являться следствием ряда других причин, против которых и должна быть направлена профилактическая работа.

Для того чтобы облегчить процесс исследования действительных причин повреждений производственной аппаратуры, необходимо в систематизированном виде рассмотреть возможные причины повреждений.

Все эти причины разделяются на две группы:

- а) повреждения в результате механических воздействий;
- б) повреждения в результате химического износа материала.

Рассмотрим их более подробно.

Механические воздействия. В результате сильных механических воздействий материал испытывает большие перенапряжения, вследствие чего могут появиться неплотности в местах соединений, возникнуть остаточные деформации, а иногда может произойти полное разрушение материала.

Причины появления перенапряжений весьма разнообразны.

Очень часто большие внутренние напряжения возникают при работе аппаратов на повышенных давлениях против нормального. Повышенные давления в аппаратуре могут образоваться в результате недостаточного контроля за ходом технологического процесса, а также при отсутствии или неисправности регулирующих, предохранительных и контрольных приборов.

Большие напряжения в материале аппаратов возникают при ударной, т. е. динамической нагрузке: при резком увеличении или снижении внутреннего давления в процессе работы и испытания аппаратов, при гидравлических ударах, вибрациях от работающих машин, ветра, пульсирующего внутреннего давления и т. п. Случайные повреждения ударного характера возможны при падении перемещаемых тяжестей, при ремонтных работах, а также при авариях (от разлетающихся осколков).

Изменение температурных условий работы аппаратов не всегда проходит бесследно для них. Всякое уменьшение или повышение температуры сопровождается изменением линейных и объемных размеров аппаратов и трубопроводов. Если конструктивное решение аппарата обеспечивает беспрепятственное изменение его размеров, то дополнительных напряжений не возникает; в противном же случае могут возникать очень большие внутренние напряжения. Опасные температурные напряжения образуются при резких изменениях температуры в момент пуска и остановки аппаратов, при охлаждении водой сильно нагретых поверхностей, при одностороннем нагреве и местных воздействиях температуры. Действие температуры сказывается на аппаратах, сконструированных из разнородных материалов с различными коэффициентами линейного расширения.

Перенапряжение в материале может также возникнуть при уменьшении его толщины в результате износа эрозией или при наличии внутренних дефектов (раковины, шлаковые включения, трещины и т. п.).

Под механической эрозией понимают истирание материала твердыми взвешенными частицами, находящимися в потоке газа или жидкости. Влияние эрозии особенно сильно сказывается при больших скоростях потоков и значительном количестве примесей, причем главным образом в местах изменения направления движения (повороты, колена, удары в противоположащую стенку и т. п.).

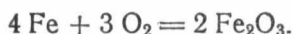
Химический износ материала. Под химическим износом понимают уменьшение толщины стенок аппаратов за счет химического взаимодействия их материала с обрабатываемыми веществами, т. е. за счет процессов коррозии. Коррозирующими свойствами могут обладать окружающая аппарат среда, само обрабатываемое вещество или примеси, содержащиеся в нем.

Разъедающему действию подвержены в большей степени наиболее слабые места производственной аппаратуры (клепанные и сварные швы, разъемные соединения, прокладки, места, в которых наблюдается механическая эрозия, и др.).

Наиболее часто встречаются кислородная, кислотная, щелочная, серная, сероводородная, водородная коррозия и электрокоррозия.

При взаимодействии кислорода с металлом производственной аппаратуры получаются окислы металлов.

Например:



Получающийся окисел (ржавчина, окалина) не обладает механической прочностью и легко отслаивается от металла, за счет чего уменьшается толщина стенок.

Применяемые в производстве кислоты, взаимодействуя с металлом аппаратов, образуют растворимые или нерастворимые соли, также уменьшая толщину стенок.

Например:



Выделяющийся при этом водород в некоторых случаях может создавать взрывоопасные концентрации внутри емкостей.

Щелочи весьма сильно действуют на такие материалы, как ткань, кожа, бумага и др.

Сера в чистом виде и сероводород, содержащийся в горючих жидкостях (нефтепродуктах, бензоле, толуоле и др.) и газах (естественных, генераторных и др.), корродируют производственную аппаратуру, образуя сернистые соединения железа (FeS , Fe_2S_3). Эти соединения легко окисляются воздухом и в определенных условиях способны самовозгораться.

Водород, находящийся в производственной аппаратуре, особенно под большим давлением (производство аммиака, гидрогенизация твердых топлив и т. п.), способен растворяться в стали. При этом происходит химическое взаимодействие между водородом и цементитом стали, в результате чего металл становится хрупким, в нем появляются микроскопические трещины.

Электрокоррозия представляет собой износ производственной аппаратуры, связанный с действием гальванических пар. Если два различных металла, из которых выполнен аппарат (или места включений инородных металлов в основной металл), попадают во влажную среду с растворами солей (электролит), то образуются маленькие гальванические элементы. В результате действия гальванического элемента один из металлов переходит в раствор и толщина стенки аппарата в этом месте уменьшается.

В действительных условиях, как уже было сказано выше, на материал производственной аппаратуры могут одновременно воздействовать химические и механические факторы, что ускоряет образование неисправностей и повреждений.

Следовательно, выявляя причины повреждений производственной аппаратуры, необходимо установить, могут ли в данных конкретных условиях образоваться повышенные давления, появиться динамические и температурные воздействия, а также может ли иметь место усиленный химический износ материала.

ИСТОЧНИКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Под источником воспламенения понимают тепловой источник, обладающий температурой выше температуры самовоспламенения вещества и запасом тепла, достаточным для нагревания его до температуры самовоспламенения.

Источники воспламенения, встречающиеся в производственных условиях, весьма разнообразны как по природе своего появления, так и по запасу несомой энергии.

В некоторых случаях причиной воспламенения горючих веществ могут служить источники тепла, необходимые для проведения технологического процесса,— огневые печи, приборы отопления, раскаленные поверхности, электро- и газосварочные посты и др. Определить наличие таких источников воспламенения в процессе анализа пожарной опасности нетрудно. Значительно сложнее выявить внезапно появляющиеся источники воспламенения, т. е. такие, наличие которых не вызывается нормальным функционированием производства. Эти источники весьма разнообразны, но появление большинства из них связано с грубым нарушением противопожарного режима, с неисправностями производственной аппаратуры и вспомогательных устройств, со слабым знанием пожароопасных свойств обрабатываемых веществ.

Все источники воспламенения по природе их появления можно разбить на следующие группы: тепловое проявление химических реакций, тепловое проявление электрической энергии, тепловое проявление механической энергии.

Тепловое проявление химических реакций. К этой группе источников воспламенения относятся все химические реакции, протекающие с выделением тепла в количестве, достаточном для нагрева до температуры самовоспламенения участвующих в ре-

акции веществ или соприкасающихся с ними горючих материалов.

Наиболее распространенным источником воспламенения из этой группы является пламя, образующееся при горении веществ (огневые печи, постоянные и временные газосварочные посты, паяльные лампы, фонари, спички, папиросы, факелы и т. п.). Часто в процессе горения образуются искры, т. е. раскаленные частички неполного сгорания веществ. Очень часто пламенем нагревают и расплавляют металлы, которые также могут служить источниками воспламенения.

Температура источников открытого огня и расплавленных или раскаленных до свечения металлов обычно выше $600\text{--}700^\circ\text{C}$. Она превышает температуру самовоспламенения подавляющего большинства горючих веществ. Запас тепловой энергии этих источников и время их действия достаточны для воспламенения почти всех горючих веществ.

Температура искры (накаленной частички углерода) также находится в пределах $600\text{--}700^\circ\text{C}$, но запас ее тепловой энергии и время действия в большинстве случаев невелики. Поэтому искра может воспламенить только такие вещества, которые не требуют для подготовки к горению значительного количества тепловой энергии (например, паровоздушные и газовые смеси, сухие волокнистые материалы и т. п.).

Пламя и раскаленные вещества, излучая тепло, способны воспламенять твердые горючие вещества не только при непосредственном контакте, но и на некотором расстоянии от них.

Для парособразных и газовых систем лучистая энергия не может служить источником воспламенения (если сами источники излучения изолированы от соприкосновения с этими системами), так как пары и газы слабо поглощают тепловые лучи и практически от них не нагреваются.

Весьма часто источником воспламенения является взаимный контакт некоторых химических веществ, сопровождающийся бурными экзотермическими реакциями. Выделяющееся при этом тепло может явиться причиной пожара. Например, при взаимодействии щелочных металлов и воды воспламеняется выделяющийся водород, при взаимодействии сильных окислителей и горючих веществ воспламеняются горючие вещества, желтый фосфор воспламеняется в воздухе, негашеная известь, взаимодействуя с водой, вызывает воспламенение находящихся вблизи горючих веществ, и т. п.

Очень часто медленные экзотермические процессы, протекающие в некоторых веществах при небольшой отдаче тепла в окружающее пространство, заканчиваются их воспламенением. Примером такого воспламенения является самовозгорание древесного и активированного углей, ископаемых углей, торфа, сернистых соединений железа, некоторых органических пылей в осевшем состоянии, металлических порошков во взвешенном и осевшем состоянии, растительных масел, животных жиров и т. п.

Процесс разложения нестойких веществ под воздействием удара, незначительного нагревания и других факторов может закончиться их самовоспламенением, например, саморазложение плохо стабилизированных взрывчатых веществ, сжатого ацетилена и т. п.

Тепловое проявление химических реакций выражается также в загорании жидкостей и газов, нагретых выше температуры самовоспламенения, по выходе их на воздух из аппаратов и трубопроводов.

Тепловое проявление электрической энергии. Использование электрической энергии связано с возможностью образования электрических искр, электрических дуг и чрезмерного перегрева проводников или отдельных их частей как при перегрузках, так и при неисправностях или повреждениях.

Работа многих электрических машин, пусковых приспособлений, выключателей и других устройств для размыкания и замыкания линий неизбежно сопровождается искрением.

Электрические искры имеют очень высокую температуру (несколько тысяч градусов), но действие их кратковременно и запас тепловой энергии невелик. Поэтому электрические искры могут явиться источником воспламенения только для подготовленных к горению веществ.

Размыкание и замыкание цепей с большими силами тока, а также короткие замыкания приводят к образованию электрических дуг. Электрическая дуга обладает большой мощностью и имеет температуру до 4000°C . При непосредственном соприкосновении с нею воспламеняются все горючие вещества. Горение электрической дуги часто сопровождается оплавлением металла. Расплавленные частицы проводника могут попадать на горючие вещества, расположенные на значительном расстоянии от места образования дуги.

Большие тепловыделения в проводах при перегрузках и в местах переходных сопротивлений могут служить причиной воспламенения изоляционных материалов и находящихся вблизи горючих веществ.

Специфическими источниками воспламенения являются искровые разряды статического и атмосферного электричества.

Заряды статического электричества при электризации твердых, жидких, газообразных и пылевоздушных систем, а также индукционные заряды, вызванные атмосферным электричеством, иногда достигают нескольких тысяч вольт.

Разряды таких потенциалов дают искры, имеющие достаточную мощность для воспламенения паровоздушных, газоздушных и пылевых систем.

Разряды атмосферного электричества (молния) по своей температуре и запасу тепловой энергии могут служить источниками воспламенения для всех горючих веществ.

Тепловое проявление механической энергии. Механическая энергия легко переходит в тепловую. Тепловое проявление меха-

мической энергии выражается в искрении при ударах или в разогреве поверхностей и объемов при трении.

Искры, образующиеся при ударах твердых предметов (черных металлов друг о друга, о цемент, керамику и т. п.), хотя и раскалены до свечения, но имеют небольшой запас тепловой энергии и действуют короткое время. Они могут служить источниками воспламенения только для некоторых подготовленных к горению систем.

Разогрев поверхностей или отдельных объемов до высокой температуры происходит в результате превращения работы сил трения в тепловую энергию. Работа сил трения переходит в тепловую энергию при процессах скольжения, изменения формы тела или изменении объемов. Это наблюдается, например, при скольжении в ременных и канатных передачах, недостаточном уходе за подшипниками и другими трущимися поверхностями, обточке и шлифовке изделий без достаточного охлаждения, адиабатическом сжатии смесей в компрессорах, прессовании пластических масс с воздушными включениями, вальцевании пластических материалов и т. п.

Количество выделяющегося при этом тепла иногда бывает достаточно для воспламенения горючих материалов.

К этой же группе источников воспламенения условно можно отнести саморазогрев газов при выходе их через мелкие отверстия под большим давлением. В этом случае воспламенению газов способствуют электризация, каталитическое действие паров воды и другие причины.

Таким образом, в процессе анализа пожарной опасности необходимо установить, какие из указанных источников воспламенения имеются в данном помещении и по каким причинам они могут появиться.

КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ГОРЮЧЕЙ СРЕДОЙ И ИСТОЧНИКАМИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Как было сказано выше, все горючие вещества имеют различную температуру самовоспламенения, а все источники воспламенения имеют различную степень нагретости и разный запас тепловой энергии.

Любое горючее вещество можно воспламенить, но для этого требуются различные источники воспламенения.

Если температура источника тепла будет ниже температуры самовоспламенения горючей среды или количества тепловой энергии источника воспламенения будет недостаточно для подготовки системы к горению, воспламенения не произойдет.

Например:

а) разлившийся бензин, попав на трубопровод или паропровод с температурой поверхности 200°C , не воспламенится, так как температура самовоспламенения бензинов около 400°C ;

б) мазут, имеющий комнатную температуру, нельзя вос-



пламенить искрой, так как тепловой энергии искры недостаточно для создания горючей концентрации паров мазута с воздухом.

Таким образом, возможность воспламенения данной горючей среды всецело зависит от подготовленности ее к горению и характера источника воспламенения.

Горючие концентрации газовых смесей всегда подготовлены к горению, поэтому для их воспламенения достаточно источника с небольшим запасом тепловой энергии.

Подготовленность к горению жидких и твердых горючих веществ не всегда одинакова и определяется тем количеством тепла, которое необходимо затратить для получения горючей смеси продуктов их испарения или разложения с воздухом. Для веществ одинакового химического состава количество тепла, необходимого для подготовки к горению, зависит от степени их измельченности, влажности и величины начальной температуры. Поясним это примерами.

Чем больше удельная поверхность вещества, тем меньше тепла нужно затратить для подогрева массы и тем быстрее протекает процесс подготовки к горению. Именно поэтому стружки легче воспламенить, чем доски; разрыхленную бумагу и хлопок — чем бумагу в рулонах или хлопок в кипах; мелкую пыль — чем той же концентрации крупную пыль; распыленный мазут — чем мазут, находящийся в емкости, и т. п.

Не меньшее значение имеет начальная температура вещества. Чем выше эта температура, тем меньше тепла нужно подвести к веществу и тем быстрее протекает процесс подготовки его к горению. Поэтому подогретую древесину можно воспламенить значительно быстрее, чем холодную.

Особенно наглядно значение начальной температуры у горючих жидкостей. Подготовленность жидкостей к горению определяется температурой их вспышки. Если температура жидкости равна или выше температуры вспышки, значит данная жидкость подготовлена к горению.

Например, при комнатной температуре машинное масло не подготовлено к горению, так как температура его вспышки — около 200°C . То же масло, нагретое в условиях производства до 240°C , становится подготовленным к горению, так как концентрация его паров будет достаточна для образования горючей смеси с воздухом. Естественно, что в первом случае для воспламенения масла потребуется значительно больше тепла, чем во втором, когда даже непродолжительное действие искры может вызвать загорание масла.

Следовательно, один и тот же источник тепла может воспламенить горючее вещество в одном его состоянии и оказаться недостаточным для воспламенения того же вещества в другом его состоянии.

Естественно, что чем меньше тепловой энергии нужно затратить для получения взрывоопасной или горючей среды и для ее воспламенения, тем спаснее производство. Однако этого еще

недостаточно для окончательного вывода. При определении пожарной опасности процесса необходимо учитывать также количество горючих веществ, наличие реальной угрозы образования опасных концентраций и условий для распространения возникшего пожара. «Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест» (Н 102—54) в некоторой степени учитывают это.

К взрывоопасным производствам категории А по Н 102—54 относятся производства, связанные с применением наиболее подготовленных к горению веществ: горючих газов с нижним пределом взрыва до 10% и жидкостей с температурой вспышки до 28°С в количествах, достаточных для образования взрывоопасных концентраций.

К взрывоопасным производствам категории Б относятся производства, связанные с применением менее подготовленных к горению веществ: жидкостей с температурой вспышки от 28 до 120°С, горючих газов с нижним пределом взрыва более 10%, а также горючих пылей, способных образовать с воздухом взрывоопасные смеси.

Производства, связанные с обработкой или применением твердых горючих веществ и невзрывоопасных пылей, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°С, относятся к категории В.

Производства, связанные с обработкой негорючих веществ, входят в категорию Г (если вещества нагреты или расплавлены) и в категорию Д (если они в холодном состоянии).

Таким образом, при анализе пожарной опасности, а также при исследовании причин пожаров необходимо рассматривать горючую среду и возможные источники воспламенения во взаимном качественном и количественном соотношении, исходя из реальных условий ведения технологического процесса.

Анализируя пожарную опасность, нужно учитывать количество горючих веществ, находящихся в производственном помещении, и возможные пути распространения пожара.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Результаты анализа пожарной опасности технологического процесса производства служат основой для разработки пожарно-профилактических мероприятий, исключающих возможность возникновения пожара, а также для создания условий, обеспечивающих быструю локализацию пожара в случае его возникновения.

Пожарно-профилактические мероприятия должны быть не только эффективными, но и целесообразными в техническом и экономическом отношениях.

В Советском Союзе проявляется особая забота о сохранности народного достояния и безопасности трудящихся. Уже в пе-

риод проектирования и строительства предприятий предусматриваются все мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность объекта.

Задача пожарных работников состоит в том, чтобы в соответствии с положением о Государственном пожарном надзоре организовать контроль за выполнением всех требований пожарной безопасности в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Пожарно-профилактические мероприятия, требующие материальных затрат, должны предусматриваться, как правило, в период проектирования промышленных объектов, так как именно в этот момент их легче учесть и осуществление их сопровождается значительно меньшими затратами денежных средств, чем в уже строящихся и функционирующих производствах.

На действующих объектах пожарно-профилактические мероприятия, связанные со значительными материальными затратами, следует приурочивать ко времени реконструкции или капитального ремонта.

За противопожарное состояние всего объекта несет ответственность директор, а отдельных цехов и установок — соответствующий начальник. Все мероприятия, прямо или косвенно связанные с обеспечением пожарной безопасности, выполняются инженерно-техническим персоналом и рабочими данного объекта. Пожарный специалист должен со знанием дела осуществлять контроль за безопасностью процесса, используя для этого помощь и документацию других надзорных органов (Котлонадзора, Энергонадзора, органов техники безопасности) в части мер пожарной безопасности, а также помощь местных технических работников и общественности.

В соответствии с принятой схемой анализа пожарной опасности пожарно-профилактические мероприятия должны быть направлены на предупреждение возможности образования горючей среды (там, где это возможно) и появления источников воспламенения, обеспечение безопасных качественных соотношений между ними (там, где их сочетание неизбежно) и создание условий для быстрой локализации и ликвидации возникшего пожара.

Мероприятия, предупреждающие образование горючей среды. Предупредить образование горючей среды в производственном помещении не всегда возможно. Если по условиям производства горючее вещество нельзя изолировать от окружающего воздуха, необходимо не допустить появления источников воспламенения и их взаимоконтакта.

Процессы, связанные с горючими газами и жидкостями, а также с твердыми веществами, при обработке которых выделяется пыль или горючий газ, должны осуществляться в закрытой герметизированной аппаратуре. При эксплуатации подобных устройств необходимо предупреждать возможность появления

как неплотностей и повреждений, так и источников воспламенения.

Для предупреждения повреждений аппаратов и трубопроводов следует:

правильно выбирать материал аппаратов в соответствии с химическими свойствами обрабатываемых продуктов, систематически контролировать количество вредных примесей и степень износа материала, соблюдать установленные сроки планово-предупредительных ремонтов;

перед пуском в эксплуатацию подвергать аппараты испытанию на прочность и плотность, контролировать или автоматически регулировать режим работы аппаратов, устанавливать предохранительные приспособления;

предохранять аппараты и трубопроводы от динамических воздействий, резких колебаний давления, гидравлических ударов и т. п.;

предохранять аппараты и трубопроводы от температурных деформаций путем устройства различного рода температурных компенсаторов, обеспечения равномерного нагрева и охлаждения и т. п.

Образование горючих и взрывоопасных систем внутри аппаратов и трубопроводов при их остановке на ремонт и при включении в общую систему предупреждается:

полным удалением оставшегося продукта или воздуха путем продувки аппарата;

надежным отключением аппарата от всех связанных с ним коммуникаций;

взятием анализа воздуха на присутствие горючих веществ в процессе ремонта.

Мероприятия, предупреждающие появление источников воспламенения. Для предупреждения возможности воспламенения постоянно имеющейся или образующейся горючей среды следует:

в производствах категорий А, Б, В не допускать применения источников открытого огня;

при устройстве промышленных печей, а также установок для производства огневых работ соблюдать действующие нормы, постоянно следить за состоянием печей и установок в процессе их эксплуатации, а при необходимости улавливать искры и осуществлять термоизоляция высокотемпературных поверхностей;

выбирать электрооборудование и способ монтажа в соответствии с опасностью помещения и регулярно наблюдать за его состоянием, заземлять аппаратуру для отвода статического электричества и индукционных токов;

предотвращать переход механической энергии в тепловую—применять неискрящий инструмент, следить за натяжением ремней и смазкой подшипников, осуществлять охлаждение при адиабатическом сжатии и т. д.;

предотвращать опасное тепловое проявление химических реакций — создавать условия, исключаящие самовоспламенение горючих веществ, обеспечивать невозможность соприкосновения взаимно реагирующих веществ, выделяющих при реакции большое количество тепла, и т. д.

Если в аппаратах или помещениях одновременно с горючим веществом имеется источник воспламенения, то нужно либо добиться снижения температуры теплового источника до безопасного значения, либо обеспечить невозможность создания горючей концентрации паров и газов. Последнее достигается защитой горючих веществ инертной средой, работой аппаратов под разрежением или применением температурных режимов, при которых образование горючей концентрации паров и газов невозможно.

Мероприятия, обеспечивающие быструю локализацию и ликвидацию пожаров. Эти мероприятия заключаются в уменьшении и рассредоточении горючих веществ, ограничении путей распространения пожара и создании условий для его быстрой ликвидации.

Уменьшение количества горючего материала в производственных помещениях и его рассредоточение достигаются: ограничением площадей производственных цехов; сокращением запаса горючих материалов в цехе и уборкой отходов; введением непрерывно действующих процессов; устройством аварийных спусков; применением негорючих материалов для устройства аппаратов и конструктивных элементов зданий; применением негорючих теплоносителей, абсорбентов и т. д.

Для ограничения путей распространения пожара принимают следующие меры:

- отделяют более пожароопасные процессы и помещения от менее пожароопасных;

- располагают аппаратуру так, чтобы между производственными помещениями было минимальное количество коммуникаций и проемов в ограждениях;

- предусматривают необходимые разрывы между аппаратами, осуществляют соответствующую защиту проемов в противопожарных преградах, глухих стенах и перекрытиях;

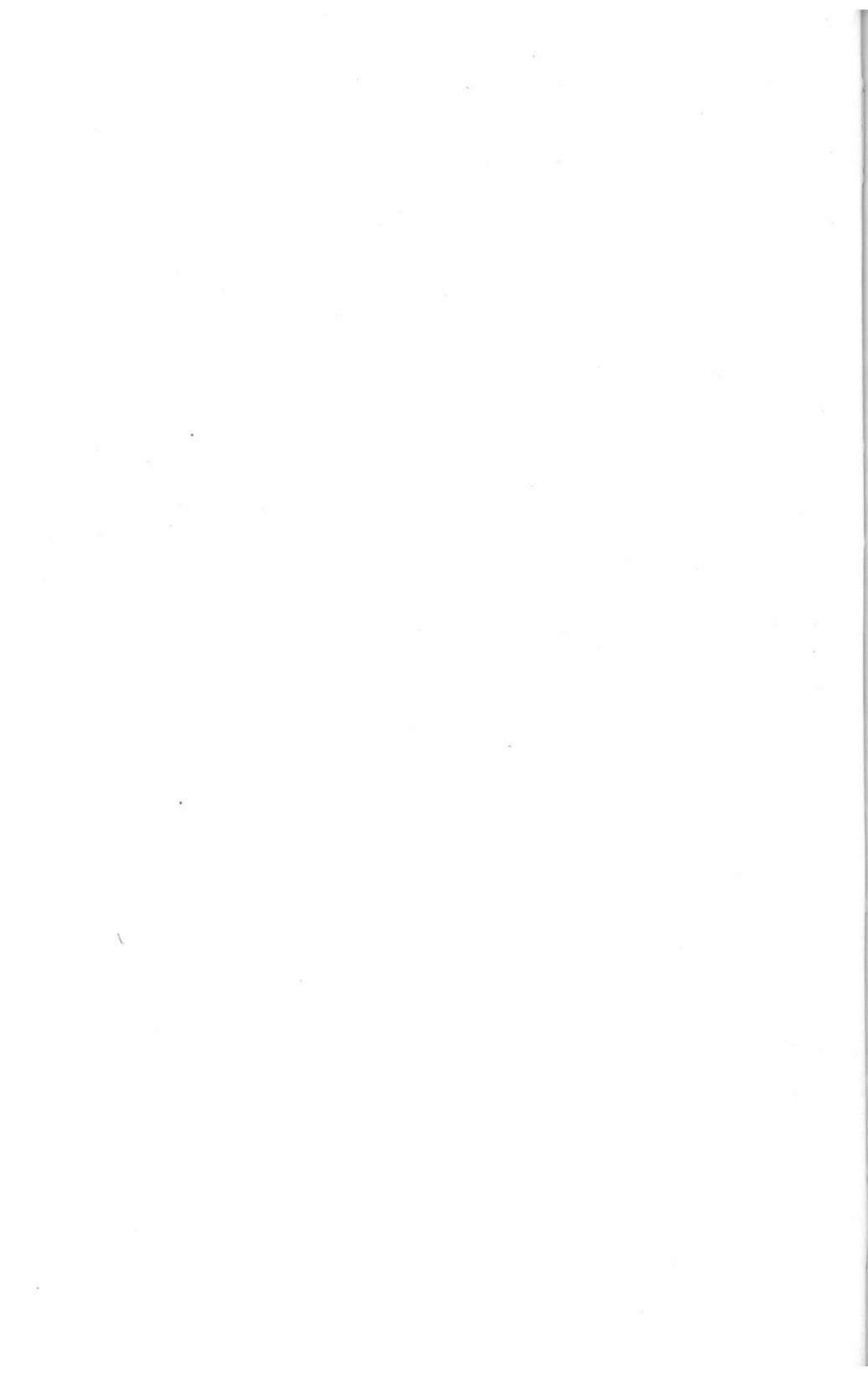
- устраивают задвижки и огнепреградители различного вида на коммуникациях горючих жидкостей и газов, а также на газо- и паровоздушных линиях;

- следят за чистотой аппаратов, строительных конструкций и помещений.

Условия быстрой локализации и ликвидации возникшего пожара достигаются также снабжением производственных помещений нужным количеством эффективных, стационарных и первичных средств пожаротушения и средств связи, устройством на территории объекта дорог и обеспечением его водоисточниками.

Мероприятия, обеспечивающие участие рабочих и инженерно-технического персонала в охране промышленных объектов. Пожарно-профилактическая работа на промышленных объектах немыслима без активного участия в ней рабочих и инженерно-технического персонала. Нельзя добиться полной ликвидации пожаров на промышленном объекте, какой бы техникой он ни был оснащен, если у рабочих и инженерно-технического персонала не будет воспитана сознательная необходимость строгого выполнения всех правил технической эксплуатации и пожарной безопасности.

Воспитанию коммунистического отношения трудящихся к вопросам охраны социалистической собственности уделяется у нас большое внимание. В этом направлении на объектах ведется большая партийно-воспитательная работа. Систематически освещаются различные вопросы пожарной безопасности, разъясняются причины возникновения пожара на каждом рабочем месте и меры их предупреждения, все работающие обучаются правилам извещения о пожаре и пользования первичными средствами пожаротушения, на предприятиях создаются боеспособные рабочие формирования, общественность мобилизуется на решение вопросов пожарной безопасности в технологических процессах.



РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Глава I

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ НАГРЕВАНИЯ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нагревание является одним из самых распространенных процессов в технике. Очень многие химические и физические процессы требуют для своего осуществления подвода тепла.

Необходимая температура нагрева веществ и количество передаваемого тепла определяются технологическими требованиями и колеблются в весьма широких пределах.

Источники тепла, используемые для целей обогрева, называются теплоносителями.

Техническое применение в промышленности нашли следующие теплоносители: пламя и топочные газы, водяной пар, предварительно нагретые жидкости, расплавленные металлы и соли, нагретый воздух, электрический ток.

Выбор того или иного способа нагревания зависит от ряда условий и в первую очередь от величины температуры, до которой необходимо нагреть вещество, экономической целесообразности данного способа обогрева и возможности достижения пожарной безопасности производственной операции.

Пожарная опасность процессов нагревания определяется многими факторами и в том числе свойствами самих теплоносителей.

Рассмотрим особенности процессов нагревания, основную аппаратуру, пожарную опасность и пожарно-профилактические мероприятия при этих процессах.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБОГРЕВА ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Нагревание горючих и легковоспламеняющихся жидкостей водяным паром относится к числу самых распространенных способов, причем этот способ наиболее безопасен и удобен в производственном отношении. Для целей обогрева применяют обычно насыщенный водяной пар. Использовать водяные пары в ка-

честве теплоносителя выгодно потому, что при конденсации одного килограмма водяного пара выделяется значительно больше тепла, чем при конденсации того же количества паров других жидкостей, и, кроме того, коэффициент теплоотдачи конденсирующегося водяного пара значительно больше, чем паров других жидкостей.

В зависимости от величины давления различают пар низкого давления (до 4 атм) и пар высокого давления (до 15 атм). Используя насыщенный пар, можно нагревать жидкости до температуры 180°С. Получение температур выше 180°С путем нагревания водяным паром нерационально, так как при этом создаются большие давления, требующие специальной громоздкой аппаратуры.

Продукт можно нагревать либо паром, непосредственно вводимым в жидкость, либо путем передачи тепла от пара к жидкости через стенку. Пар, непосредственно вводимый в обогреваемую жидкость, называется острым. Пар, тепло которого передается нагреваемому продукту через стенку, называется глухим. Наиболее часто в технике применяют обогрев глухим паром.

Нагревание глухим паром является наиболее простым и наименее пожароопасным методом. Поэтому почти во всех производствах по получению спиртов, эфиров, органических кислот и других легко воспламеняющихся и горючих жидкостей применяют обогрев глухим водяным паром. Такой метод обогрева широко используют для уменьшения вязкости темных нефтепродуктов, а также при производстве синтетических каучуков.

Нагревание глухим паром осуществляют при помощи теплообменных поверхностей различного вида. Под теплообменной поверхностью понимают поверхность, через которую передается тепло от теплоносителя к нагреваемому веществу. Теплообменная поверхность паровых подогревателей может выполняться в виде змеевиков, паровых рубашек, совокупности трубок небольшого диаметра и спиралевидных листов.

В соответствии с принятой формой теплообменной поверхности теплообменные аппараты называются: змеевиковыми подогревателями, подогревателями с паровой рубашкой, трубчатыми подогревателями и спиральными теплообменниками.

Змеевиковые подогреватели. Змеевик представляет собой изогнутую трубку, расположенную в одной плоскости (преимущественно горизонтальной) или имеющую вид вертикальной винтовой линии. Вертикальный змеевик чаще всего монтируют внутри аппарата. Но если аппарат должен иметь внутри мешалку или другие устройства, змеевик монтируют снаружи, приваривая его к наружной поверхности стенок или заливая в стенки при изготовлении аппарата. Принципиальное устройство змеевиковых подогревателей видно из рис. 1 и 2.

Водяной пар подается в самую верхнюю точку змеевика и полностью в змеевике конденсируется. Конденсат должен выпускаться беспрепятственно, так как скопление его в виде тол-

стой пленки или пробки ухудшает условия теплопередачи от пара к жидкости.

Паровые рубашки. Аппараты с двойными стенками или рубашками применяют в тех случаях, когда установка змеевика по ряду причин не всегда возможна (например, из-за устройства мешалок и т. п.). Схема подогревателя с паровой рубашкой приведена на рис. 3.

Пар, поступая через верхний штуцер в объем между рубашкой 2 и корпусом 1 аппарата, отдает свое тепло стенке и конденсируется. Конденсат через нижний штуцер отводится из аппарата в водоотводчик (конденсационный горшок) и далее в

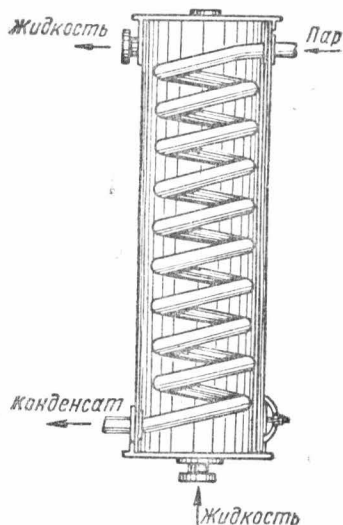


Рис. 1. Змеевиковый подогреватель.

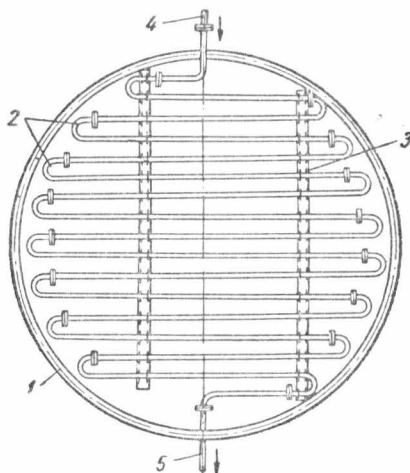


Рис. 2. Расположение змеевиков в резервуаре:

1 — стенка резервуара; 2 — змеевик (уклон 1 : 100); 3 — опора под змеевик; 4 — ввод пара; 5 — отвод конденсата.

паровой котел или в канализацию. Конденсационные горшки устанавливаются в месте выхода конденсата из всех аппаратов-подогревателей.

Трубчатые подогреватели. При необходимости в большей поверхности нагрева устройство паровых рубашек и змеевиков нецелесообразно. Поэтому теплообменники с большими поверхностями нагрева обычно имеют вид трубчатых подогревателей. Трубчатые подогреватели могут иметь различное конструктивное решение, но принципиальное устройство их одинаково.

Подогреватель (рис. 4) состоит из металлического кожуха 1, внутри которого крепятся две трубные решетки 2, соединенные пучком трубок 3. Трубки герметично закрепляются в трубных днищах. Верх и низ кожуха закрываются крышками 4. В теплообменнике получают два самостоятельных объема — трубный объем А и межтрубный объем Б. Пар пускают в межтрубное

пространство, а жидкость протекает по трубкам, или наоборот. Горизонтальные подогреватели имеют такое же устройство, как вертикальные.

Потребное количество пара для всех подогревателей определяют из уравнения теплового баланса.

Нестационарные подогреватели. Наряду со стационарными паровыми подогревателями часто применяются переносные паровые грелки для обогрева цистерн и емкостей с вязкими жидкостями.

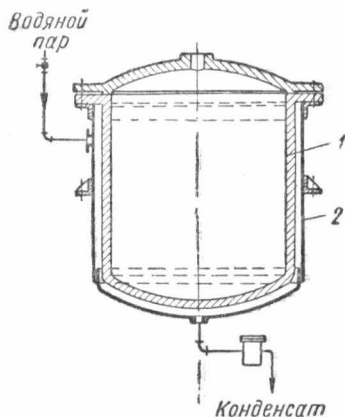


Рис. 3. Подогреватель с паровой рубашкой:
1 — корпус; 2 — рубашка.

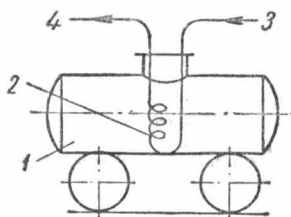


Рис. 5. Схема подогрева паровой грелкой:
1 — цистерна; 2 — грелка;
3 — линия входа пара; 4 — линия выхода конденсата.

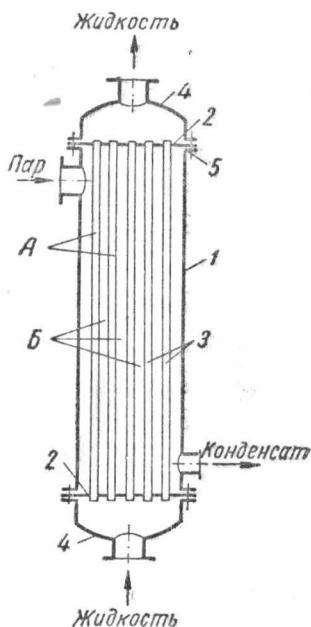


Рис. 4. Трубчатый подогреватель:

1 — кожух; 2 — трубные решетки; 3 — трубки; 4 — крышки; 5 — болты; А — трубное пространство; Б — межтрубное пространство.

Имеется несколько конструкций переносных подогревателей, мало отличающихся друг от друга. Схема подогрева горючей жидкости в цистерне паровой грелкой показана на рис. 5.

Через опущенную в цистерну 1 грелку 2 пропускают водяной пар по линии 3. Получающийся в грелке конденсат выдувается несконденсировавшимся водяным паром по линии 4.

Следует отметить, что паровые грелки малопроизводительны, тяжелы, громоздки и имеют небольшой коэффициент полезного действия. Их усовершенствование следует вести по линии устранения этих недостатков.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ И ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Причины образования горючей среды и их предупреждение. Физический процесс нагревания, протекающий в подогревателях, сам по себе не может служить причиной возникновения пожаров или взрывов. В подавляющем большинстве случаев температурные режимы подогрева водяным паром значительно ниже температур самовоспламенения обогреваемых жидкостей, но очень часто выше температур их вспышки.

В процессе подогрева через подогреватели циркулирует большое количество легковоспламеняющихся или горючих жидкостей. Так, производительность непрерывно действующих подогревателей может достигать 10 т/час и более, а емкость периодически действующих подогревателей — 40—50 т и более.

Почти все подогреватели работают под положительным давлением. Поэтому пожарная опасность подобных аппаратов проявляется в момент возникновения неисправностей, а также при остановке.

При неисправностях подогревателей, в зависимости от места повреждения и соотношения давлений теплоносителя и обогреваемой жидкости, могут наблюдаться:

утечка нагреваемой жидкости или ее паров в производственное помещение;

попадание греющего пара в обогреваемую жидкость;

попадание обогреваемой жидкости в греющий пар.

Утечка нагреваемой жидкости или ее паров непосредственно в производственное помещение происходит в том случае, если неплотность образовалась в наружных стенках, омываемых продуктом. Выход нагретого продукта наружу может привести к скоплению горючей жидкости в помещении и к образованию местных или во всем объеме помещения взрывоопасных концентраций. Чтобы судить о возможности образования взрывоопасных концентраций, необходимо знать максимальную температуру подогрева продукта и температуру его вспышки. Если температура подогрева жидкости выше или равна температуре ее вспышки, то взрывоопасные концентрации могут образоваться. Излившаяся горячая жидкость, растекаясь по помещению, даже если она не нагрета до температуры вспышки, будет создавать опасность возникновения и распространения пожара при наличии источников тепла, способных нагреть жидкость до температуры вспышки, а пары — до температуры самовоспламенения.

Попадание греющего пара в обогреваемую жидкость происходит при образовании неплотностей в теплообменной поверхности, если давление пара больше внутреннего давления жидкости. Если же давление пара меньше давления жидкости, то она будет проникать в паровое пространство.

Попадание водяного пара или его конденсата в обогреваемый продукт приводит к обводнению последнего, что обычно нежелательно по технологическим требованиям. Попадание обогрева-

мого продукта в паровое пространство аппарата приводит к интенсивному испарению и к смешению неиспарившейся жидкости с конденсатом. В этом случае горючая жидкость проникает в канализационные линии или в паровые котлы.

В канализационной системе нерастворяющаяся в воде горючая жидкость отслаивается, скапливаясь в канализационных колодцах, и в некоторых случаях образует взрывоопасные концентрации во всей системе. При значительных утечках растворимые в воде горючие жидкости также могут образовывать в объеме колодцев и труб взрывоопасные концентрации.

Попадание горючих жидкостей в паровые котлы тоже нежелательно, так как это может привести к повышению давления в котле, к отложению на теплообменной поверхности продуктов разложения, а если жидкость химически активная, то и к коррозии материала теплообменной поверхности котла.

Необходимо иметь в виду, что конденсационные горшки или водоотводчики, устанавливаемые у подогревателей на обратной линии

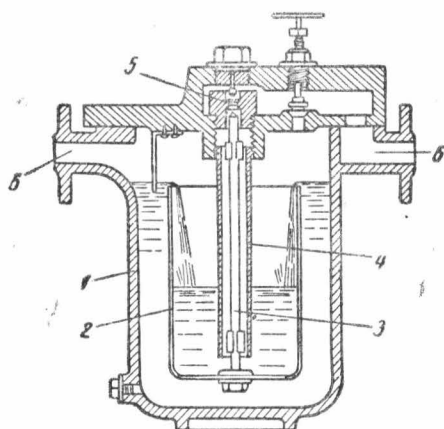


Рис. 6. Водоотводчик с закрытым поплавком:

1 — корпус водоотводчика; 2 — стакан; 3 — запирающая игла (клапана); 4 — труба, по которой выдавливается конденсат; 5 — клапан; 6 — штуцер.

(рис. 6), не являются препятствием для движения конденсата, а вместе с ним и горючих жидкостей. Назначение водоотводчика — выпускать жидкость и не выпускать водяной пар из аппарата до тех пор, пока он не отдаст свое тепло, т. е. не сконденсируется. Конденсат из корпуса 1 водоотводчика переливается в стакан 2, а из него через клапан 5 выдавливается в линию через штуцер 6. Если воды в стакане мало, он всплывает и, закрывая иглой 3 клапан, не дает выйти пару.

Вместе с конденсатом выходит и попадающая в паровое пространство горючая жидкость, не задерживаясь в водоотводчике. Для улавливания горючих жидкостей на канализационной системе по выходе из производственного помещения устраиваются специальные ловушки (непрерывно действующие отстойники, см. стр. 81).

Неплотности в подогревателях образуются в результате химического износа и механического повреждения материала.

Химический износ материала теплообменной поверхности может происходить как со стороны обогреваемой жидкости, так и со стороны греющего пара.

Быстрая коррозия материала подогревателей и прокладок наблюдается только в том случае, если они выбраны неправильно или не имеют надлежащей защиты. Материал корпуса и теплообменной поверхности должен соответствовать химической активности соприкасающихся с ними веществ. В этом заключается одна из главных задач проектировщиков. При проектировании нужно учитывать конструктивные особенности аппаратов и экономическую сторону вопроса. Например, в трубчатых теплообменниках изношенные трубки сменить легче, чем корпус, и, следовательно, по ним выгоднее пропускать более химически активный продукт, а межтрубное пространство заполнять менее активным продуктом. Таким образом, можно изготавливать из химически стойкого материала только трубки, а не весь аппарат. В связи с этим трубки и корпус иногда выполняют из различного материала.

Прокладки фланцевых соединений также должны соответствовать химической активности обрабатываемого продукта. В качестве прокладочных материалов применяют: паранит, медь, резину, пропитанный маслами прессованный картон, кожу, свинец и др. Различные сорта паранита представляют собой специально обработанную смесь волокнистого асбеста и каучука с наполнителями. Они хорошо противостоят воздействию холодных и нагретых до высокой температуры нефтепродуктов, спиртов и масел.

Из механических причин повреждений подогревателей, помимо динамических воздействий, наиболее существенное значение имеют: работа при повышенных давлениях и появление температурных напряжений.

Работа при повышенных давлениях может привести к ослаблению швов и соединений, выжиму прокладок, а в некоторых случаях — к разрушению материала в наиболее ослабленных местах.

Давление повышается при неправильной регулировке подачи греющего пара или жидкости, а также при перегреве жидкости до вскипания. Увеличенная подача пара обычно является следствием недосмотра обслуживающего персонала при отсутствии автоматических регуляторов и контрольно-измерительных приборов, но иногда ее допускают сознательно для достижения необходимой производительности аппарата. При эксплуатации подогревателей теплообменная поверхность как со стороны продукта, так и со стороны пара загрязняется солями и различными примесями. Такие загрязняющие отложения называются накипью. Так как теплопроводность слоя накипи значительно меньше теплопроводности материала стенки, то накипь служит как бы теплоизолятором, препятствующим теплообмену. Из практики известно, что накипь толщиной 1 мм снижает коэффициент теплопередачи примерно на 15—20%, а накипь толщиной 5 мм — на 40—50%. Для увеличения интенсивности теплообмена в этих условиях и прибегают к подаче пара под большим давлением.

Кроме отложений накипи, к сильному снижению коэффициента теплопередачи приводит скопление в паровом пространстве подогревателя даже небольшого количества неконденсирующихся газов. Водяной пар никогда не бывает свободен от примесей воздуха, углекислого газа и других газов.

Передача тепла газам в сотни раз меньше, чем передача тепла насыщенным паром при его конденсации. Присутствие в паре всего 5% воздуха снижает коэффициент теплопередачи уже примерно в два раза.

Повышенное давление в подогревателях может создаваться также при наличии пробок в отводящей линии, при неполном открытии вентилей и увеличенной производительности насосов. Образование пробок в отводящих линиях можно ожидать при нагревании жидкостей, склонных к полимеризации (производство синтетического каучука, искусственных смол, органического стекла и т. п.). Наличие пробок и не полностью открытых вентилей увеличивает сопротивление проходящей жидкости и при работающих насосах приводит к значительному увеличению давления. При перекрытых вентилях вся энергия работающих насосов переходит в энергию давления.

Для того чтобы предотвратить возможность образования повышенного давления, подогреватели нужно снабжать контрольно-измерительными и предохранительными приборами и за их работой необходимо регулярно наблюдать. Температуру нагреваемой жидкости измеряют перед входом и после выхода из аппарата, а давление — в самом аппарате или по выходе жидкости из него. Так как для насыщенного водяного пара характерна строгая зависимость между давлением и температурой (зная одну величину, всегда можно определить вторую по таблицам), то для контроля за его подачей достаточно установить в паровом объеме аппарата термометр или манометр.

Для автоматического регулирования процесса нагрева на паровой линии должны быть установлены регуляторы давления, устройство которых показано на рис. 13 и 46.

Теплообменную поверхность подогревателей периодически очищают от накипи и отложений. Очистку производят или путем промывки через аппарат жидкости (обычно слабого раствора кислот), растворяющей накипь, или механическим способом. Воду, поступающую в паровые котлы, подвергают химической очистке для уменьшения ее жесткости, т. е. для уменьшения количества содержащихся в ней солей.

Во избежание повышения давления при быстром вскипании нагреваемой жидкости или образовании пробок в отводящей линии целесообразно устанавливать предохранительные клапаны. Их ставят обычно в верхней части аппарата. Предохранительные клапаны имеют отводные трубы, защищенные медной сеткой и выходящие выше кровли здания. Если клапаны засоряются при работе и ненадежны в действии, можно производить стравливание излишнего давления вручную.

Для трубчатых подогревателей большое значение имеет качественное соединение трубок с трубными днищами. При некачественном сочленении трубок с трубными днищами даже незначительное повышение давления приводит к сообщению трубного пространства с межтрубным. Различные методы соединения трубок с трубными днищами показаны на рис. 7.

Чаще всего применяются соединения методом развальцовки трубок. Развальцовка трубок в трубных днищах должна быть прочной и плотной. Прочность всех соединений после подвальцовки или замены трубок определяют испытательным давлением, в полтора раза превышающим рабочее.

Материал теплообменных аппаратов при работе находится под воздействием различных температур. Так, теплообменная поверхность, омываемая паром, и часть корпуса аппарата, омываемая жидкостью, имеют различную температуру. Температурные условия резко изменяются в период пуска и остановки аппаратов. На изменение температурных условий работы корпуса влияет изменение температуры окружающей среды, особенно если аппараты расположены на открытом воздухе. Все это приводит к возможности появления значительных температурных деформаций, особенно у трубчатых подогревателей, имеющих значительную длину трубок (2 м и более). Различные температуры трубок и корпуса вызывают неодинаковые изменения их длины. При жестком креплении трубных днищ к корпусу неравное изменение длины приводит к появлению больших температурных напряжений. Известно, что при нагревании трубок до 200°C и полном их защемлении внутренние напряжения достигают 5000 кг/см^2 , что намного превышает допускаемые значения. Такие напряжения непременно должны были бы привести к разрушению аппаратов, но в действительности благодаря самокомпенсации трубок напряжения имеют значительно меньшие значения. Однако эти напряжения очень опасны и могут нарушить плотность развальцовки, а иногда полностью разрушить соединения.

Мероприятия, направленные на снижение опасных температурных напряжений, обеспечивают уменьшение разности температур между отдельными элементами аппарата или создают условия для независимых температурных деформаций отдельных элементов. Уменьшение разности температур достигается теплоизоляцией корпуса, медленным охлаждением и

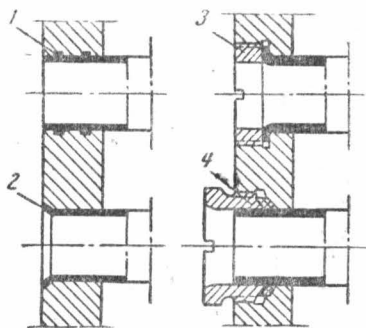


Рис. 7. Крепление трубок в трубных решетках:

1 — развальцовка; 2 — развальцовка и разбортовка; 3 — втулка на резьбе; 4 — сальник.

разогревом аппаратов при остановке и пуске. Для достижения независимых деформаций корпуса и трубок устраивают различные температурные компенсаторы (рис. 8). Весьма часто применяются теплообменники с «плавающей» головкой (типа «Бакинский рабочий») и с линзовыми компенсаторами.

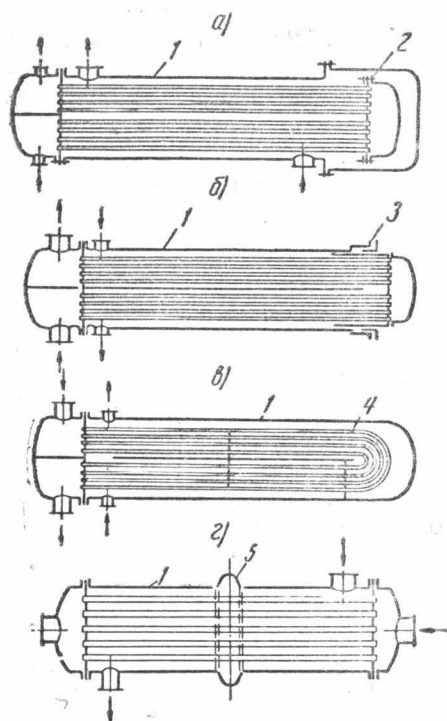


Рис. 8. Теплообменники с температурными компенсаторами:

а — с «плавающей» головкой (типа «Бакинский рабочий»); б — с сальниковыми трубками; в — с линзовым компенсатором; 1 — корпус теплообменника; 2 — «плавающая» головка; 3 — сальник; 4 — U-образные трубки; 5 — линзовый компенсатор.

Опасным моментом в эксплуатации подогревателей является их ремонт.

При остановке подогревателей на ремонт возможно образование внутри них взрывоопасной смеси паров и газов с воздухом, так как воздух производственного помещения получает доступ внутрь аппарата. Это происходит при наличии в ремонтируемых аппаратах нагреваемой жидкости и ее паров вследствие неполного слива, недостаточной продувки и неполного отключения от соседних аппаратов. Поэтому все ремонтные работы необходимо производить после отключения данного подогревателя от соседних аппаратов установкой заглушек на линиях и после продувки водяным паром до полного удаления паров горючих жидкостей.

Возможные источники воспламенения. Горючая среда воспламеняется главным образом от источников, находящихся в производственном помещении или появляющихся при ремонтных работах.

Некоторые теплообменные аппараты могут иметь на теплообменной поверхности сернистые соединения железа (нефтяная и коксобензолная промышленность) или смолообразные продукты полимеризации (производство синтетического каучука из спирта, производство некоторых пластмасс), которые способны самовозгораться на воздухе. В этом случае чистку поверхности производят при постоянном смачивании ее водой или при заполнении водой всего аппарата.

При эксплуатации подогревателей следует обращать внима-

ние на состояние паропроводов, подводящих греющий пар к аппаратам. Поверхность паропроводов может иметь высокую температуру, длительное воздействие которой достаточно для нагрева соприкасающихся с ней деревянных предметов, конструкций или осевшей органической пыли до обугливания с последующим самовозгоранием.

Температура поверхности трубопровода будет тем выше, чем больше давление пара. Если условно считать, что температура трубы равна температуре пара (на самом деле она несколько меньше), то численное значение ее при различных давлениях пара будет следующее (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость температуры поверхности трубопроводов от давления пара

Давление пара в атм	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15
Температура поверхности в °С . . .	119,6	132,9	142,9	151,1	158,1	164,2	169,6	174,5	179,0	187,1	194,1	197,4

В целях экономии тепла, предохранения от ожогов и защиты твердых сгораемых веществ от воздействия высокой температуры трубопроводы изолируют таким образом, чтобы не допускать на поверхности теплоизоляции температуры выше 50° С при температуре воздуха 25° С. В качестве теплоизоляции применяют негорючие малотеплопроводные материалы, например, массу из кизельгура, смеси легкой белой магнезии и асбеста и др.

Правильность выбора толщины теплоизоляции определяют по величине фактической температуры на ее поверхности или по расчетным данным, если рассматривается проект.

Между изолированными трубопроводами и сгораемыми конструкциями или оборудованием должно быть расстояние не менее 10 см. С поверхности паропроводов необходимо регулярно удалять пыль.

Все системы подогревателей могут применяться и в качестве теплообменников, т. е. аппаратов, в которых холодный продукт (жидкость, газ) нагревается за счет теплоты горячей жидкости или газа, а также в качестве холодильников и конденсаторов.

Теплообменники широко распространены во всех химических производствах.

Основные причины появления пожарной опасности при работе теплообменников — те же, что и при работе подогревателей.

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ ОБОГРЕВА ПЛАМЕНЕМ И ТОПОЧНЫМИ ГАЗАМИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Несмотря на ряд существенных недостатков, нагревание топочными газами нашло широкое применение в промышленности и сельском хозяйстве, как относительно экономичный и простой способ.

Обогрев топочными газами применяют при необходимости повышения температуры до 180°C и выше, а также в тех случаях, когда другие виды теплоносителей экономически нецелесообразны.

При нагревании топочными газами и пламенем, потребная тепловая энергия получается за счет сжигания какого-либо топлива, а тепло передается продукту от топочных газов и пламени через стенку аппарата или путем непосредственного соприкосновения (при нагревании твердых негорючих веществ). Приспособления и устройства для нагревания топочными газами называют печами.

Печи весьма разнообразны по своему устройству и по роду сжигаемого топлива. Они могут работать на твердом, пылевидном, жидком или газообразном топливе.

Печи, в которых сжигают твердое топливо, имеют существенные недостатки. Они работают с большим коэффициентом избытка воздуха и, кроме того, имеют значительные механические потери за счет несгоревших частиц топлива, уносимых дымовыми газами и попадающих в шлак и золу. Поэтому наша промышленность постепенно уменьшает применение древесины и кускового угля в качестве топлива. Уже сейчас тепловые производственные установки большой мощности переведены с твердого топлива на пылевидное или газовое.

Применение пылевидного топлива позволяет не только увеличить коэффициент полезного действия печей, но и использовать местные низкосортные бурые угли, что имеет большое народнохозяйственное значение.

Широкое применение во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства получили печи, работающие на жидком топливе. Высокая теплотворная способность жидких топлив, удобство их транспортировки и хранения, малые потери топлива при сжигании, простота розжига и обслуживания печей сделали этот способ обогрева весьма распространенным. Особенно широко мазут и другие нефтепродукты стали использоваться в качестве топлива для печей с момента изобретения русским ученым В. Г. Шуховым паронефтяной форсунки (1880 г.).

Однако мазут является ценным сырьем для получения различных масел и большого количества других химических про-

дуктов. Еще Д. И. Менделеев, придавая особое значение нефтепродуктам как химическому сырью, указывал на недопустимость их использования в качестве топлива.

Поэтому в нашем народном хозяйстве происходит постепенная замена жидкого топлива газообразным. В отличие от твердого и даже жидкого топлива газообразное топливо позволяет работать почти на теоретическом количестве воздуха, дает возможность легко изменять режим обогрева, а также легко осуществлять транспортировку газа на любые расстояния.

По характеру работы различают печи периодического и непрерывного действия.

Наибольшее распространение получили печи непрерывного действия, как более экономичные и производительные. Печи периодического действия встречаются значительно реже и только на установках небольшой производительности (например, варочные котлы при производстве олифы, кубы при производстве нефтяного кокса, кубы периодически действующих ректификационных установок в сельской местности и т. п.).

Русские ученые внесли большой вклад в создание теории работы печей и в печную технику вообще. Еще в 1742 г. М. В. Ломоносов дал объяснение работы дымовой трубы в своем трактате: «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном». В 1799 г. Н. А. Львов первым поднял важнейший вопрос об экономии топлива, сжигаемого в печах. Академик В. Е. Грум-Гржимайло разработал гидравлическую теорию движения пламени и газов в печах. Метод моделирования, созданный академиком М. Е. Кирпичевым, позволил изучить движение газов в печах и правильно их проектировать.

Благодаря работам советских ученых (В. П. Линчевского, Ю. В. Грум-Гржимайло, А. С. Предводителя и др.) коксовая, нефтяная, металлургическая и химическая промышленности оснащены высокоэффективными печами разнообразнейших конструкций.

Все огневые печи при неправильном их устройстве или неправильной эксплуатации могут служить причиной возникновения пожаров, даже если они предназначены для обогрева негорючих веществ.

Особый интерес представляет изучение наиболее распространенных и наиболее пожароопасных печей, к которым относятся непрерывно действующие печи для подогрева горючих и легковоспламеняющихся жидкостей.

В настоящий момент универсальной нагревательной печью для жидких горючих веществ является трубчатая печь.

Рассмотрим пожарную опасность и профилактические мероприятия, общие для всех печей (вне зависимости от того, какое вещество нагревается), а затем отдельно для трубчатых печей.

ОБЩИЕ СЛУЧАИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПЕЧЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ЖИДКОМ И ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ

Все печи имеют систему обогрева, к которой относятся топка, дымовые каналы и система подачи топлива к форсункам. Очень часто, а при нагревании жидких и газообразных веществ всегда, печи имеют теплообменную поверхность той или иной формы. Правильность устройства и эксплуатации системы обогрева и теплообменной поверхности в основном определяют пожарную опасность печи.

При неисправностях или нарушении режима работы печей возможны взрывы и пожары в топочном пространстве, а также пожары у форсуночного фронта.

Взрывы в топочном пространстве могут привести к повреждению всей печи и возникновению пожара в производственном помещении. Часто такие взрывы сопровождаются ожогами обслуживающего персонала. Взрывы в топочном пространстве возникают при неправильном розжиге форсунок и при внезапном обрыве факелов пламени форсунок в процессе эксплуатации печей.

Для сжигания жидкого топлива применяются форсунки самых разнообразных конструкций. Наиболее часто встречаются форсунки с воздушным или паровым распылением топлива. Принцип их устройства почти одинаков. На рис. 9, а показана форсунка системы Шухова. Она имеет внутреннюю трубу 1, по которой подается мазут, и внешнюю трубу 2, по которой подается водяной пар. Чтобы обеспечить хорошее распыление мазута, нужно поддерживать определенное соотношение между количеством топлива и пара. Для регулирования количества топлива и водяного пара служат маховичок 3 и вентили на мазутной и паровой линиях. Количество сжигаемого мазута в зависимости от номера форсунки может достигать до 120 кг/час.

При сжигании газообразного топлива применяются горелки различных конструкций, обеспечивающие смешение газа с воздухом. Одна из горелок показана на рис. 9, б.

Форсунки и горелки зажигают обычно путем внесения в топочное пространство факела пламени. Если при внесении факела пламени в топочном пространстве будет находиться взрывоопасная смесь паров горючих жидкостей с воздухом, неизбежно произойдет взрыв.

Взрывоопасная смесь в топочном пространстве печи может образоваться еще до начала розжига форсунок или горелок, но она может также возникнуть в момент розжига.

До начала розжига взрывоопасная смесь в топочном пространстве образуется за счет испарения нагреваемой жидкости или газа, просачивающихся через неплотности теплообменной поверхности, или за счет топлива, попадающего в печь через форсунки и горелки при неплотно закрытых или неисправных вентилях. При жидком топливе взрывоопасная концентрация со-

дается только в том случае, если температура поверхности топки равна или выше температуры вспышки применяемого топлива.

В момент розжига форсунок или горелок взрывоопасная смесь в топочном пространстве образуется при неправильных действиях разжигающего. Если сначала открывают доступ топливу и только потом вносят в топку факел пламени, топливо до воспламенения создает с воздухом взрывоопасные концентрации.

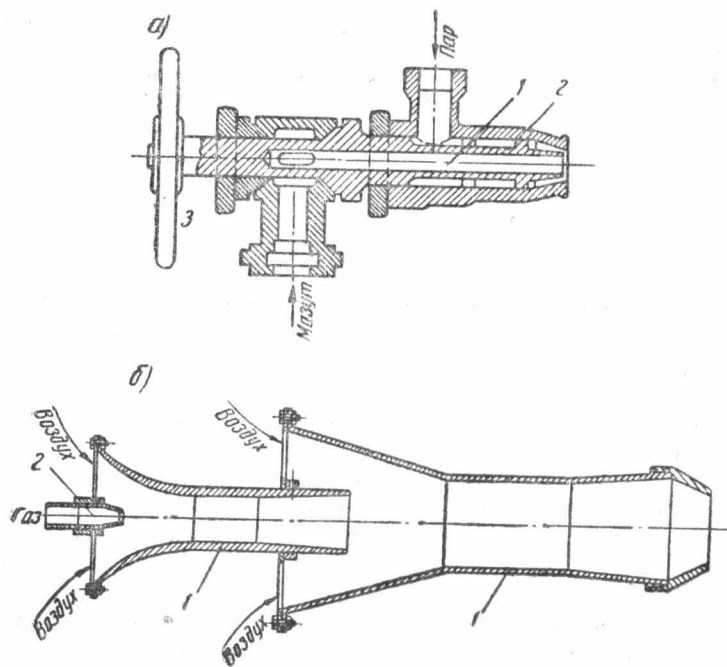


Рис. 9. Приборы для сжигания топлива в печах:

а — парожидкостная форсунка системы Шухова (1 — внутренняя труба; 2 — наружная труба; 3 — маховичок); б — двухступенчатая инжекционная горелка (1 — смесители, 2 — сопло газовой линии).

Взрывоопасная смесь в топочном пространстве может образоваться также в том случае, если струя распыленного топлива не будет сразу касаться внесенного в топку факела пламени. При этом объем топочного пространства заполняется парами топлива и, когда они входят в соприкосновение с источником воспламенения, происходит взрыв.

Опасным моментом является внезапный обрыв факелов пламени в печи, который может возникнуть при временном прекращении подачи горючего к форсункам или горелкам. При этом пламя в печи гаснет, топочное пространство и футеровка охлаждаются. При последующем возобновлении подачи топлива оно

может сразу не воспламениться и образует в топочном пространстве взрывоопасную смесь паров или газов с воздухом.

Эта смесь способна воспламениться при соприкосновении с наиболее разогретыми или не успевшими остыть частями футеровки, а также при внесении факела пламени в процессе повторного розжига.

Временное прекращение подачи горючего наблюдается при засорении форсунок и горелок (загрязненное топливо, нагары или ококсовывание сопла), при временной остановке топливных насосов, перекрытии задвижки на топливной линии и подаче обводненного топлива, т. е. топлива, содержащего большое количество отстойной воды.

Пожары в топочном пространстве возникают при повреждении теплообменной поверхности и попадании нагреваемых горючих веществ в топку печи. Наиболее частой причиной повреждения теплообменной поверхности является так называемый прогар. Он образуется при нарушении режима топки и перегреве металла в результате уменьшения теплопередачи от дыма к продукту в отдельных точках теплообменной поверхности.

Нарушение режима топки сводится к неравномерной подаче топлива и воздуха к форсункам, некачественному распылению топлива, непосредственному воздействию пламени на теплообменную поверхность.

При нормальной работе печи к форсункам подается определенное, расчетное количество топлива. Если топливо будет поступать в большем количестве, а воздуха будет достаточно для полного сгорания, температура в топке значительно превысит установленную. При повышенной подаче топлива и недостаточном количестве воздуха топливо полностью сгорать не будет. Капли несгоревшего топлива уносятся дымовыми продуктами и осаждаются на стенках, подвергаясь при этом термическому разложению. В зоне высоких температур разложение идет с образованием графита, а в зоне более низких температур — с образованием сажи. Такое же явление происходит при недостаточном распылении топлива в результате уменьшения или прекращения подачи водяного пара либо воздуха к форсункам (нормальный расход водяного пара примерно равен $0,3 \text{ кг/кг}$ мазута). Образовавшийся графит неравномерно оседает на поверхности обогрева и, обладая низкой теплопроводностью, препятствует нормальной теплопередаче, вызывая общее повышение температурного режима в топке. Сажа отлагается на стенках дымовых каналов, боровов и дымовой трубы. Загоревшись, сажа может причинить значительные повреждения металлическим конструкциям и кладке.

Для полного сгорания топлива необходимо определенное, с учетом нормального коэффициента избытка, количество воздуха. Величина коэффициента избытка воздуха (α) зависит от вида топлива и конструкции печей. Для жидкого топлива этот коэф-

фициент равен 1,2, а для газообразного — 1,1. Если воздух подается в меньшем, чем требуется, количестве, в топке происходит процесс неполного сгорания, так же как при подаче топлива в избыточном количестве. Длительная работа печи со значительным избытком воздуха приводит к усиленному окислению теплообменной поверхности за счет взаимодействия избыточного кислорода в дымовых продуктах с высоконагретым металлом. Необходимо иметь в виду, что коэффициент избытка воздуха, а следовательно, и количество свободного кислорода могут увеличиваться в результате подсоса наружного воздуха через неплотности печи и имеющиеся в ней отверстия.

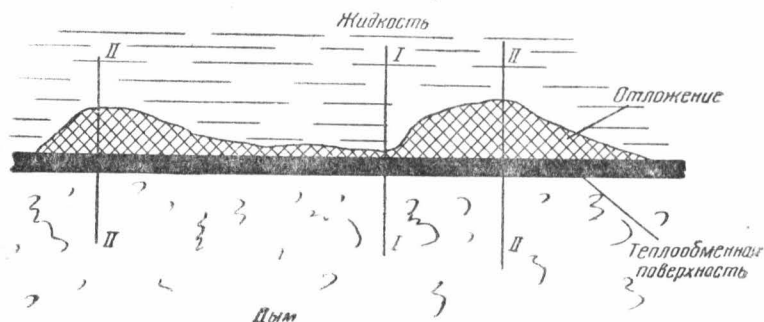


Рис. 10. Отложения на теплообменной поверхности продуктов разложения нагреваемых жидкостей.

Если языки пламени в печи касаются теплообменной поверхности, она также подвергается усиленному окислению. Как известно, языки пламени, благодаря наличию в зоне горения атомарного кислорода, обладают сильными окислительными свойствами. Постоянное омывание пламенем оголенных металлических поверхностей вызывает их быстрое прогорание.

Помимо рассмотренных выше факторов, наиболее важной причиной прогара теплообменной поверхности является уменьшение теплопередачи от дымовых продуктов и пламени к обогреваемому веществу. Уменьшение теплопередачи в отдельных точках теплообменной поверхности возникает вследствие отложений на ней различного рода продуктов.

Неравномерное отложение на теплообменной поверхности продуктов термического разложения обогреваемых веществ, а также различных механических примесей, содержащихся в них, приводит к перегреву металла в этих местах. Действительно, в сечении I—I (рис. 10), где отсутствуют отложения на теплообменной поверхности, термическое сопротивление теплопередаче будет значительно меньше, чем в сечении II—II, где имеются отложения, так как теплопроводность отложений обычно в десятки и сотни раз меньше теплопроводности металла. Тепло от стенки на участке, где нет отложений, легко передается нагреваемой жидкости, и перегрева металла не происходит. Переход

тепла на участке, где имеются отложения, затруднен наличием как бы теплоизоляционного слоя, вследствие чего металл в этом месте сильно перегревается. Чем толще слой отложений, тем сильнее перегревается металл и тем вероятнее его повреждение.

К аналогичному явлению приводит снижение уровня жидкости с «оголением» теплообменной поверхности (рис. 11). При оголении теплообменной поверхности от продукта тепло дымовых газов передается не жидкости, а паровой и газовой фазам. Коэффициент теплоотдачи от стенки к газу в сотни раз меньше, чем от стенки к жидкости, а поэтому металл в этом месте сильно перегревается и быстро прогорает.

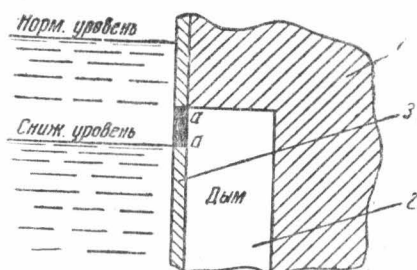


Рис. 11. Снижение уровня нагреваемой жидкости с «оголением» теплообменной поверхности:

1 — кладка; 2 — дымовой канал; 3 — стенка аппарата с перегретым участком а-а.

Причины, вызывающие интенсивные отложения на теплообменной поверхности, зависят от ее температуры, термической стойкости нагреваемого продукта, его загрязненности и скорости движения.

Таким образом, при прогаре теплообменной поверхности снижается механическая прочность металла за счет его перегрева. Ослаб-

ленные участки поверхности под действием внутреннего давления в аппарате выпучиваются и затем разрушаются. Образование прогара способствует также химический износ металла. При внимательном наблюдении за состоянием теплообменной поверхности наступление прогара можно заметить. Первым его признаком являются светлые пятна на теплообменной поверхности. По мере утоньшения металла эти пятна начинают темнеть. При образовании прогара из дымовой трубы и из всех других отверстий печи идет густой черный дым.

Повреждение теплообменной поверхности с выходом продукта в топочное пространство может возникнуть не только при прогаре, но и при разрыве вследствие повышения давления в системе.

Пожары у форсуночного фронта возникают в результате утечки топлива через неплотности фланцевых соединений трубопроводов, сальников вентилей и задвижек, а также при механическом повреждении линий.

Утечка топлива может наблюдаться также при переполнении или неисправности напорных топливных бачков.

Открытый огонь печей, факелы пламени, применяемые для розжига форсунок, искры и раскаленные газы, выходящие через трещины кладки, а также высокая температура поверхности печи и дымоходов нередко вызывают воспламенение излившегося

топлива, нагреваемых горючих веществ и сгораемых строительных конструкций.

ОСНОВНЫЕ ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕЧЕЙ

Во избежание взрывов в топочном пространстве в момент розжига форсунок или горелок необходимо строго соблюдать последовательность и правильность операций по розжигу. Розжиг осуществляют следующим образом:

устанавливают нормальную тягу путем открытия и регулировки шиберы дымовой трубы;

при работе на жидком топливе спускают грязь и воду из топливной линии, а при работе на газовом топливе спускают конденсат из газовой линии и проверяют плотность закрытия топливных вентилей; спуск воды и конденсата производят через спускные приспособления (типа продувочных кранов);

продувают топочное пространство паром, подводимым к форсунке для распыления топлива, или вентилируют его воздухом до полного удаления паров горючих жидкостей и газов. Время продувки зависит от объема печи и указывается в инструкции. Обычно время продувки или вентилирования колеблется от 5 до 20 минут;

осторожно вносят в топку горящий факел и медленно открывают топливный вентиль, наблюдая за тем, чтобы струя топлива попадала на факел пламени. Факел должен пропитываться маслом или маслом; применять для его пропитки легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, лигроин и др.) нельзя. Вместо факелов пламени при розжиге печей все чаще начинают применять электроспираль (рис. 12) и противень с небольшим количеством заливаемого топлива.

Для возможности быстрого прекращения подачи горючего при пожарах и авариях на топливных трубопроводах устанавливают не менее двух запорных вентилей — один около форсунки, а другой не ближе 10 м от топки (обычно у топливной емкости). Такое расположение вентилей дает возможность использовать их при интенсивном горении около топки.

При газовом топливе, во избежание попадания газа в топочное пространство при неисправностях или неплотном закрытии вентилей (когда печь остановлена), целесообразно на газовой линии иметь вентиляционную свечу. Свечу устанавливают между горелкой и вентилем, выводят наружу за пределы помещения и защищают огнепреградительной сеткой. Эту же свечу используют при продувке газовой линии.

Для поддержания нормального режима работы топки, обеспечения легкой регулировки температур и сжигания топлива при установленном коэффициенте избытка воздуха необходимо:

подачу топлива к форсункам производить при наличии напорного бачка или насоса с регулятором давления (рис. 13) на линии, обеспечивающим постоянный расход топлива;

регулировать подачу воздуха в печь, не допуская работы с большим коэффициентом избытка воздуха. Количество водяного пара и воздуха, необходимое для нормальной работы топki, можно установить примерно по цвету факела или точно по составу дымовых продуктов. При взаимном соответствии количества топлива, водяного пара и воздуха факелы пламени имеют соломенно-желтый цвет, а в дымовых продуктах содержится около 12% углекислого газа (CO_2) и отсутствует окись углерода (CO). При избытке топлива или недостатке пара и воздуха факелы пламени краснеют, появляются коптящие язычки, а в дымовых продуктах обнаруживается окись углерода. При недостатке топлива или избытке воздуха фа-

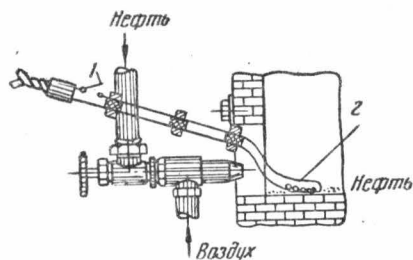


Рис. 12. Приспособление для электророзжига нефтяных печей:
1 — рубильник; 2 — спираль.

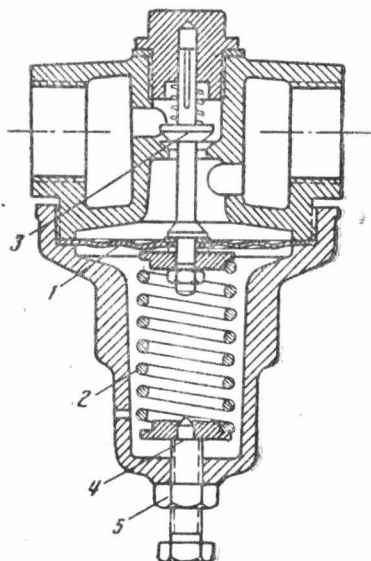


Рис. 13. Регулятор давления топлива конструкции Союза теплостроя:

1 — мембрана; 2 — нижняя пружина; 3 — клапан; 4 — винт; 5 — гайка.

келы пламени светлеют, делаются более острыми, а в дымовых продуктах значительно уменьшается содержание углекислого газа. Состав дымовых продуктов определяется автоматически действующими газоанализаторами;

для наблюдения за температурным режимом печей в соответствии с инструкцией иметь термопары. Весьма часто эти приборы автоматически поддерживают заданный температурный режим, изменяя количество подаваемого на сжигание топлива.

Во избежание внезапного обрыва факелов пламени применяют топливо, предварительно освобожденное от воды и твердых механических примесей. Если топливо подается напорными бачками, то в нижней части их скапливаются отстоявшаяся вода и грязь, которые могут попадать в линию. Поэтому напорные бачки (рис. 14) должны иметь трубу 1 для спуска отстоявшейся воды и грязи, а расходная линия 2 должна быть несколько поднята, чтобы забирать мазут не с самого нижнего уровня. На

линии 3 для подачи мазута в бачок устанавливают очистной фильтр в виде сетки.

Для того чтобы изменения вязкости топлива не отражались на режиме работы печи, напорные бачки часто снабжают приспособлениями для обогрева топлива в холодное время года. Топливо нагревают глуким водяным паром при помощи змеевиковых подогревателей 4. Максимально допустимая температура нагрева топлива зависит от температуры его вспышки. Чтобы в воздушном пространстве напорного бачка не могла образоваться взрывоопасная смесь, температура нагрева должна быть ниже температуры вспышки топлива (обычно на 10—15° С). Практически мазут в напорных бачках нагревают не выше 70—90° С.

Для контроля за температурой нагреваемого топлива на расходной линии устанавливают термометр. Автоматическое поддержание температуры топлива достигается при наличии регулятора температуры, схема которого показана на рис. 15. Термопатрон 1 находится в обогреваемой

жидкости. При повышенной температуре увеличенное давление в патроне, воздействуя через мембрану 3 на шток 8, перекрывает клапан, уменьшая или прекращая поступление водяного пара в змеевик. При снижении температуры топлива количество подаваемого пара увеличивается.

Напорные бачки должны быть закрытыми. Для обеспечения беспрепятственного изменения уровня при наполнении и расходе топлива напорный бачок оборудован дыхательной трубой 5 (см. рис. 14), защищенной огнем предохранителем. Если бачок

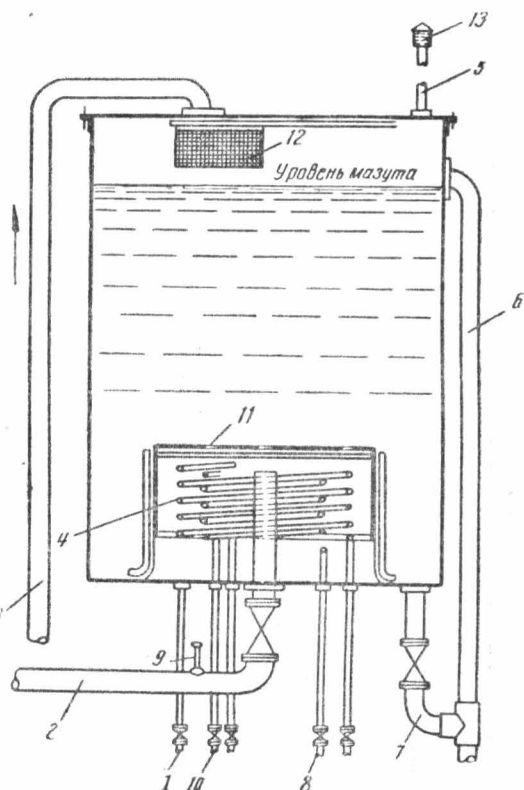


Рис. 14. Топливный напорный бачок и его оборудование:

1 — труба для спуска воды; 2 — расходная линия; 3 — линия для подачи мазута от насоса; 4 — змеевиковые подогреватели; 5 — дыхательная труба; 6 — переливная труба; 7 — сливная труба; 8 — труба для выхода конденсата; 9 — термометр; 10 — труба для входа пара; 11 — отверстие для выхода газов; 12 — фильтр; 13 — огнепреградитель.

находится внутри помещения, дыхательная труба должна выходить наружу. Для предупреждения возможности переполнения бачка топливом он снабжен переливной трубой 6, диаметр которой должен быть больше, чем диаметр наполнительной трубы.

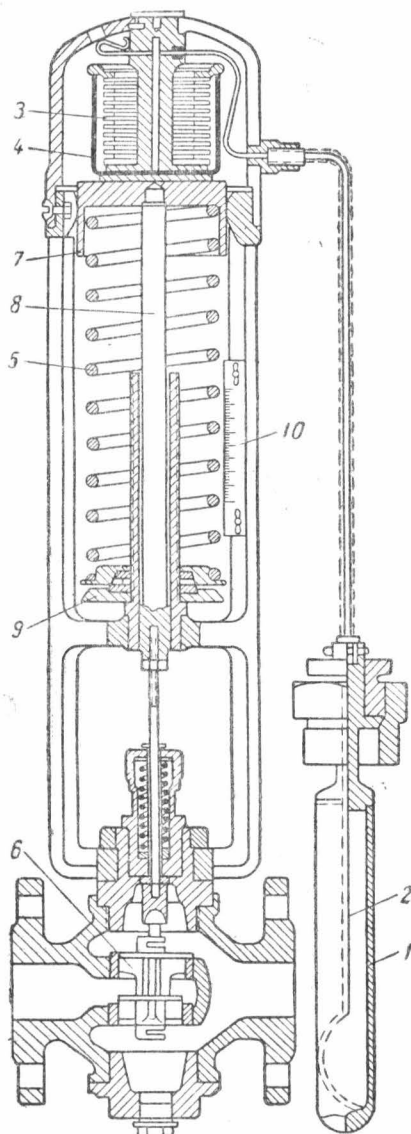


Рис. 15. Регулятор температуры прямого действия:

1 — термопатрон; 2 — капилляр; 3 — сильфонная мембрана; 4 — кожух; 5 — пружина; 6 — клапан; 7 — тарелка; 8 — шток; 9 — опорная шайба; 10 — шкала.

Переливная труба не имеет запорных вентилей. Она отводит излишек жидкости в топливный резервуар или в специальную емкость, расположенную вне здания. С переливной трубой может соединяться сливная труба 7.

Для наблюдения за количеством топлива в бачке служит указатель уровня. Желательно применять указатель уровня поплавкового или другого безопасного типа. Если бачок значительно возвышается над уровнем земли, шкалу указателя уровня для удобства наблюдения опускают вниз. Нельзя измерять уровень топлива в бачке мерной рейкой или мерным стеклом.

При засорении сопла форсунки необходимо немедленно перекрыть топливный вентиль. Выяснив причину засорения и ликвидировав ее, можно производить повторный розжиг форсунок в том же порядке, как было указано выше.

Для того чтобы в любой момент струя топлива, поступающего после обрыва факела пламени, мгновенно воспламенилась, можно рекомендовать либо установку постоянно работающих контрольных горелок небольшой мощности, питающихся по самостоятельной линии и от другого источника топлива, чем основные форсунки, либо установку электрического запальника, автоматически прекращающего подачу топлива к форсункам. Надежным

способом защиты является использование фотоэлемента или термоэлемента (теплового реле) для перекрытия топливных линий при затухании факела. Схема отключающего устройства с фотоэлементом показана на рис. 16*.

При обрыве факела пламени от фотоэлемента 6 срабатывает реле 1, а от него реле 2. При срабатывании реле 2 и рубильника 3 клапан 5 на газовой линии перекрывается, так как реле 4 обесточивается.

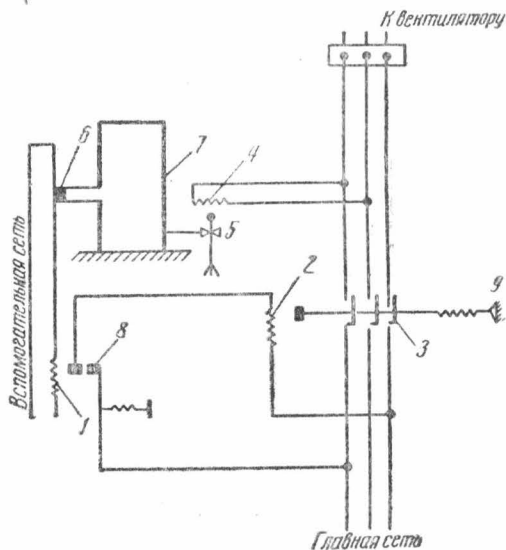


Рис. 16. Приспособление для предотвращения взрывов в печах:

1 — реле, замыкающее контакты при обрыве пламени; 2 — реле, выключающее рубильник при срабатывании реле 1; 3 — рубильник главной сети; 4 — реле, перекрывающее вентиль на линии топлива; 5 — клапан на линии топлива; 6 — фотоэлемент; 7 — печь; 8 — контакт; 9 — выключатель.

Для предохранения теплообменной поверхности от непосредственного воздействия пламени (если это имеет место) ее защищают футеровкой.

Теплообменную поверхность, дымоходы и дымовую трубу периодически очищают от отложений. Сроки очистки для каждой печи устанавливаются инструкцией. Для защиты конструкции печи от разрушения при взрыве ставят предохранительные клапаны — в верхней части топочного пространства в виде шарнирно-откидных дверец (рис. 17, а), а в местах поворотов горизонтальных дымовых каналов — мембранного типа (рис. 17, б).

Площадка перед фронтом форсунок должна быть ровной и чистой с уклоном в сторону сточного лотка. Вблизи от печей

* И. С. Ройзен. Техника безопасности и противопожарная техника в химической промышленности. Химиздат, 1951.

нельзя оставлять горючие вещества. Кладка печей должна быть исправной, трещины и щели необходимо своевременно заделывать. Величина разделок от дыма до сгораемых конструкций должна быть не менее 50 см.

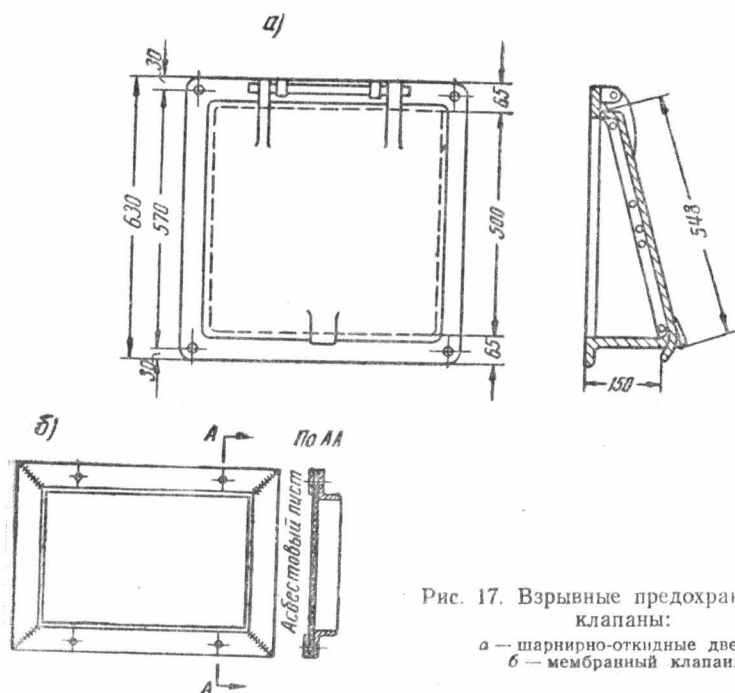


Рис. 17. Взрывные предохранительные клапаны:

а — шарнирно-откидные дверцы;
б — мембранный клапан.

Помещения, в которых расположены огневые печи, в соответствии с нормами строительного проектирования (Н 102—54) относятся к категории производств Г.

ОБОГРЕВ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБЧАТЫХ ПЕЧАХ

а) Назначение, устройство и работа трубчатых печей

Нагревание горючих жидкостей до высоких температур наиболее часто производится в непрерывно действующих печах трубчатого типа.

Трубчатые печи применяются при перегонке нефти и мазута, производстве высокооктановых бензинов, при всех видах крекинга, гидрогенизации жидких и твердых топлив, дегидрогенизации, разгонке каменноугольных смол, масел и других высококипящих жидкостей.

Теплообменная поверхность трубчатых печей имеет вид непрерывного трубчатого змеевика, по которому движется нагреваемая жидкость.

Все трубчатые печи, где бы они ни применялись, имеют принципиально одинаковое устройство. По внешнему виду трубчатая печь представляет собой небольшой домик. На рис. 18 приведена трубчатая печь типа «Советская трубчатка», получившая широкое распространение в нашей промышленности.

Стены печей — каркасные. Металлический каркас 1 воспринимает нагрузку от основных элементов печи — свода, труб, арматуры, заполнения и пр. Внутренний слой стѐн 2 выкладывается из огнеупорного шамотного кирпича, средний слой 3 — из теплоизоляционного кирпича или негорючего теплоизоляционного материала, а наружный слой 4 — из красного кирпича. Свод 5 печи устраивается из огнеупорного подвесного кирпича. Отдельные кирпичи свода при помощи подвесок 6 крепятся к каркасу. Внутренний объем печи разделяется горизонтальной или вертикальной стенкой 7 на две неравные части, из которых одна — бо́льшая — А является топочным пространством и называется камерой радиации, а другая — меньшая — Б называется камерой конвекции. В камере радиации монтируются топливные форсунки 8. Количество форсунок зависит от мощности печи и может доходить до 16 и более. Почти всегда печь имеет два вида форсунок — жидкостные и газовые. Обычно одна половина форсунок работает на жидком топливе, питаясь от общей топливной магистрали, а вторая половина — на газообразном топливе. Воздух, необходимый для сжигания топлива, подается в подогретом состоянии по воздушным коробам 9.

В радиантной и конвекционной камерах размещены трубы теплообменной поверхности.

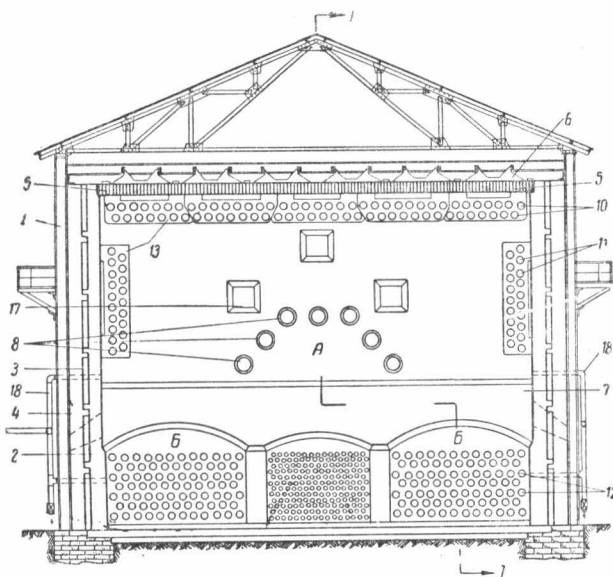
Трубопроводы, расположенные в радиантной камере, называются радиантными секциями или экранами (например, потолочный экран 10, боковые экраны 11). Обогрев этих трубопроводов происходит главным образом за счет теплового излучения, т. е. радиации факелов пламени и раскаленных продуктов сгорания, а потому камера и носит название радиантной.

Трубопроводы 12, расположенные в конвекционной камере, называются конвекционными трубами. В обогреве этих труб существенную роль играет теплопередача от дымовых продуктов путем конвекции (отсюда и название камеры).

Основную тепловую нагрузку в трубчатых печах воспринимают радиантные секции, конвекционные же трубы воспринимают значительно меньше тепла. Для увеличения количества тепла, воспринимаемого конвекционными трубами, их располагают очень близко друг к другу и заполняют ими весь объем камеры. Это повышает скорость движения и турбулентность дымовых продуктов.

Все трубы конвекционной и радиантной секций последовательно соединяются в один непрерывный змеевик (рис. 19). Диаметры применяемых труб колеблются в пределах от 3 до 5 дм, а общая длина змеевика иногда доходит до 10 тыс. м и более.

Трубы секций соединены последовательно фасонными отлив-



Разрез I-I

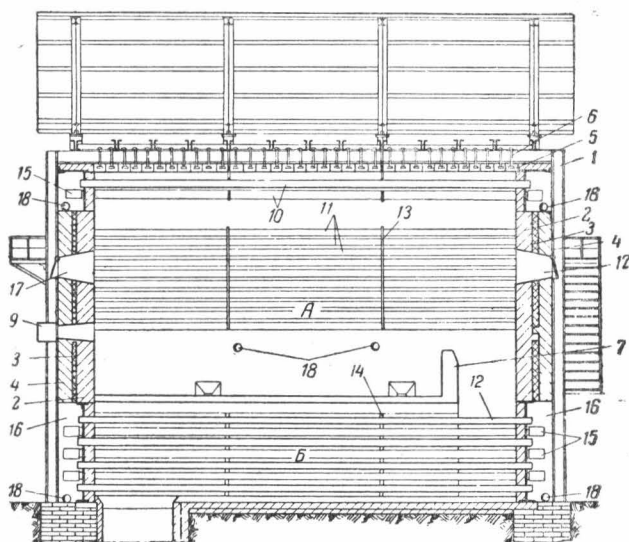


Рис. 18. Трубчатая печь типа «Советская трубчатка»:

А — радиантная камера; Б — конвекционная камера; 1 — каркас печи; 2 — огнеупорный кирпич; 3 — теплоизоляционный кирпич; 4 — красный кирпич; 5 — свод печи; 6 — подвески; 7 — перевальная стенка; 8 — форсунки; 9 — воздушные короба; 10 — потолочный экран; 11 — боковые экраны; 12 — конвекционные трубы; 13, 14 — крепление труб; 15 — двойники; 16 — двойниковые шахты (короба); 17 — предохранительные клапаны (дверцы); 18 — устройство для паротушения.

ками — так называемыми двойниками или ретурбендами 15 (см. рис. 18), вынесенными в специальные короба 16. Двойники позволяют не только соединять концы двух соседних труб, но и производить очистку их внутренних поверхностей, а также заменять поврежденные трубы новыми, не нарушая соседних соединений. Двойники могут иметь различное устройство. Некоторые из них показаны на рис. 20.

Корпус двойника 1 имеет четыре отверстия. В два нижних отверстия 2 ввальцовываются концы труб змеевика. Два противоположных отверстия 3 конической формы плотно закрываются пробками 4 и прижимаются болтом 5 и распорной гайкой 6.

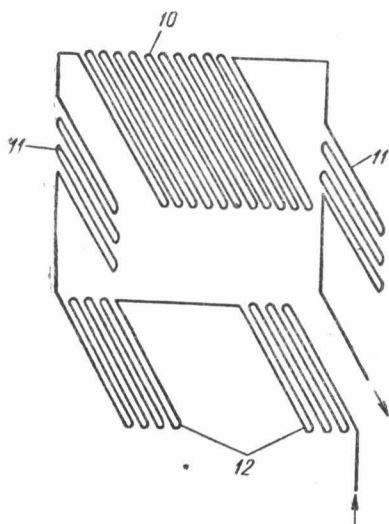


Рис. 19. Схема змеевика трубчатой печи. Обозначения те же, что на рис. 18.

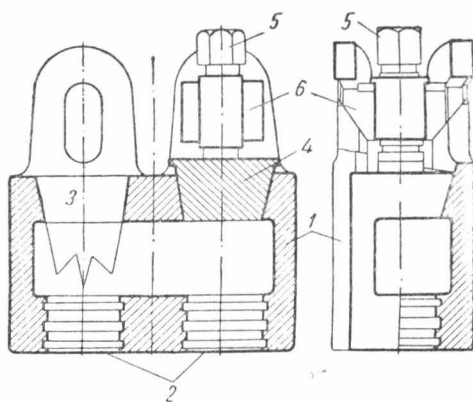


Рис. 20. Соединение труб двойниками: 1 — корпус двойника; 2, 3 — отверстия; 4 — пробка; 5 — болт; 6 — распорная гайка.

Жидкое и газообразное топливо, подводимое к форсункам, сгорает в камере радиации, выделяя большое количество тепла. Из радиантной камеры дымовые продукты поступают в конвекционную камеру, а затем в боров и дымовую трубу. В зависимости от назначения печи температура в зоне сгорания топлива может достигать до 1400°C . Температура дымовых продуктов при выходе из радиантной камеры колеблется около $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$, а при выходе из конвекционной камеры в боров она примерно на $150\text{--}200^{\circ}$ выше температуры поступающего в печь сырья. Очень часто тепло отходящих дымовых продуктов используют для подогрева воздуха, подаваемого в печь.

Жидкость, подлежащая нагреву, специальными насосами подается в трубы конвекционной камеры и, проходя последовательно все трубы, нагревается до заданной температуры.

Температурные режимы нагрева продукта и его давление в

змеевиках зависят исключительно от назначения печи и меняются в весьма широких пределах.

Так, при прямой гонке нефтей температура продукта при выходе из печи достигает $330\text{--}370^\circ\text{C}$, а давление в трубах (на входе) — 15 атм ; при крекинг-процессах температура подогрева продукта может быть более 500°C , а давление — $50\text{--}70\text{ атм}$; при гидрогенизации сланцевой смолы температура сырья повышается до 460°C , а давление достигает 310 атм и т. д.

б) Пожарная опасность трубчатых печей

Работа трубчатых печей характеризуется постоянной циркуляцией по змеевикам значительного количества горючей жидкости, нагреваемой до высокой температуры (очень часто выше температуры самовоспламенения) и находящейся под большим внутренним давлением, а также наличием в топочном пространстве источников открытого огня.

Одновременно в змеевиках трубчатой печи может находиться до 15 т горючей жидкости.

Так как продукт в трубах находится под большим давлением и при высокой температуре, каждая его утечка может привести к большому пожару.

При выходе наружу из печи продукт сразу же воспламеняется, если его температура превышает температуру самовоспламенения. В противном случае продукт может интенсивно испаряться и воспламенится после того, как пары его будут затянуты в топочное пространство. Растекаясь по площадке и попадая в траншеи и канализацию, горящий продукт приводит к распространению огня на соседние аппараты и даже на соседние установки.

Попадая из змеевиков внутрь печи, продукт вызывает интенсивное горение, которое может привести к деформации труб змеевика, обрушению стен и свода, повреждению дымовых каналов и дымовой трубы. В этом случае огонь и дым будут выливаться из всех отверстий наружу и перегревать каркас, вызывая его деформацию. Убытки от повреждения при пожаре могут быть большими, так как сама печь является дорогостоящим сооружением.

При эксплуатации трубчатых печей, так же как и всех других печей, возможны: взрывы в топочном пространстве; пожары в топочном пространстве; пожары вне печи.

Рассмотрим более подробно причины их возникновения.

Причины взрывов в топочном пространстве печей. Взрывы в топочном пространстве трубчатых печей могут происходить главным образом при розжиге форсунок и по тем же причинам, которые рассмотрены выше.

Взрывы при работе печи вследствие обрыва факелов пламени мало вероятны. Трудно предположить одновременное прекра-

шение подачи и жидкого и газообразного топлива. Так же мало вероятно одновременное засорение всех форсунок.

Причины пожаров в топочном пространстве печей. Пожары в топочном пространстве печей возникают чаще всего в результате прогара или разрыва труб. Повреждение труб змеевика представляет собой одну из наиболее сильных аварий печи.

Змеевики трубчатых печей работают в очень тяжелых условиях. На них одновременно и постоянно воздействуют высокие температуры и большие внутренние давления. Кроме того, наблюдается коррозия материала под действием продукта и дымовых газов и происходит механический износ материала непрерывным потоком жидкости, в которой могут содержаться взвешенные твердые частицы. Поэтому к трубам печей предъявляют высокие требования в отношении их прочности и стойкости против теплового, химического и механического износов. Применение некачественных труб и нарушение нормального режима работы приводят к быстрому износу металла. Решающее значение при прогаре труб имеет перегрев металла в результате коксоотложений.

Трубопроводы, находящиеся в печи, подвержены неравномерному тепловому воздействию. Средняя температура в радиантной камере примерно равна $950-1000^{\circ}\text{C}$, а в конвекционной камере — $500-600^{\circ}\text{C}$. Следовательно, стенки радиантных труб нагреваются до более высокой температуры, чем стенки конвекционных труб.

Высокая температура поверхности трубопровода вызывает термическое разложение прилегающих к ней слоев жидкости. В результате термического разложения образуется твердый пористый продукт — кокс, отлагающийся на поверхности трубы. Чем выше температура, тем интенсивнее коксообразование.

Коксообразование в трубах зависит не только от температурного режима работы, но и от скорости движения продукта по трубам. Как известно, скорость движения частичек жидкости по сечению трубы неодинакова. Это видно из графика изменения скоростей движения жидкости в трубе при турбулентном режиме (рис. 21). Частички жидкости, прилегающие к стенкам труб, движутся во много раз медленнее, чем частички, находящиеся в среднем сечении. Толщина пограничного слоя зависит от состояния поверхности трубы и средней скорости движения жидкости. Чем шероховатее поверхность трубы и чем меньше скорость движения жидкости, тем больше толщина почти неподвижного пограничного слоя. Этот слой подвергается интенсивному перегреву и термическому разложению с коксообразованием.

Скорость движения жидкости в трубах может снизиться в результате:

уменьшения производительности насосов (снижение числа оборотов, неисправность) или их остановки;

неисправности редукционного клапана за печью или его закоксовывания;

работы «на себя» центробежных насосов;
аварии подводящих трубопроводов.

Особенно опасно полное прекращение циркуляции продукта, так как при этом трубы быстро закоксовываются и выходят из строя.

Процесс закоксовывания медленно протекает и при нормальных режимах работы. Поэтому нарушение сроков очистки труб от кокса может привести к их прогару.

Об интенсивном закоксовывании труб можно судить по следующим признакам:

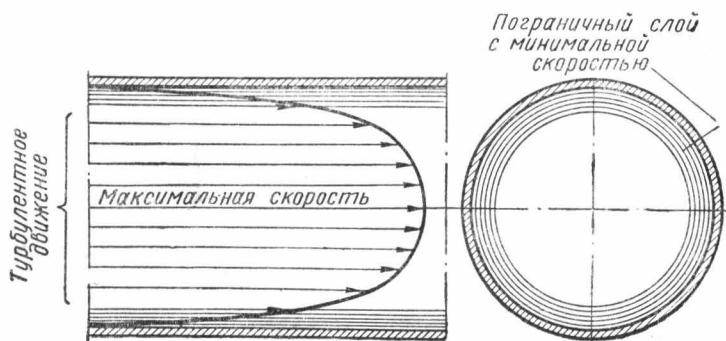


Рис. 21. Схема распределения скоростей при турбулентном движении жидкостей в трубопроводе.

повышению температуры топочных газов на перевале печи при том же количестве сжигаемого топлива. Это происходит потому, что кокс, отлагаясь на трубах, уменьшает коэффициент теплопередачи от дыма к продукту. В результате уменьшается количество передаваемого жидкости тепла, и дымовые продукты уходят в боров более нагретыми;

повышению давления у питающих насосов при нормальном давлении на выходе из печи или уменьшению давления на выходе из печи при нормальном давлении у питающих насосов. Это объясняется тем, что сопротивление труб увеличивается в результате уменьшения их сечения.

Признаки прогара можно также определить зрительно (см. стр. 42), но для этого надо иметь достаточный опыт.

Разрыв труб вызывается не только прогаром, но и другими причинами.

Сильный химический или механический износ материала труб может привести к их разрыву даже при нормальном давлении; тем более это возможно при повышенных давлениях.

Причиной усиленной коррозии металла с внешней стороны труб (со стороны топочного пространства) является нарушение нормального режима топки, т. е. работа с повышенным коэффициентом избытка воздуха, с избытком топлива или работа на повышенных температурных режимах против нормального. Есте-

ственно, что в большей степени этому виду износа подвержены центральные части радиантных труб.

Усиленную коррозию металла с внутренней стороны труб, т. е. со стороны продукта, вызывает наличие в нагреваемой жидкости повышенного количества вредных химических примесей.

Например, нефть или каменноугольная смола не обладают коррозионными свойствами по отношению к стали, но они могут содержать значительное количество примесей в виде различного рода сернистых соединений, свободной серы, хлористых солей и т. п., которые при определенных условиях сильно изнашивают металл.

При гидролитическом разложении хлористых солей кальция и магния (CaCl_2 ; MgCl_2) образуется соляная кислота, которая, взаимодействуя со стенками аппарата, дает хлористое железо (FeCl_3). При гидролитическом разложении сернистых солей образуется сероводородная кислота (H_2S), которая, взаимодействуя со стенками аппарата, превращается в сульфиды железа (FeS и FeS_2).

Наиболее сильный химический износ, как показывает опыт, наблюдается по концам труб на протяжении примерно 1 м от двойников. Поверхности труб на этих участках очищаются от образующегося налета окислов вихревыми потоками продукта, что и способствует лучшему взаимодействию корродирующих агентов с металлом.

Иногда трубы змеевика, не вызывающие опасности по наружному виду, становятся причиной аварии вследствие внутренних дефектов металла или механического износа внутренней поверхности стенок.

Так же как химическая коррозия, механическое истирание наиболее сильно сказывается на концах труб, т. е. в местах изменения направления скоростей. Совместное действие коррозии и эрозии может привести к заметному уменьшению толщины стенок труб около двойников.

Внутреннее давление в системе повышается при нарушении нормального режима работы насосов, подаче продукта поршневыми насосами в ококсованные змеевики, неисправности редукционного клапана и т. п.

Особенно опасно для труб резкое изменение давления. Повреждение труб может быть небольшим в виде свища и весьма значительным в виде разрывов длиной в несколько десятков сантиметров. Естественно, что при этом в топку изливается большое количество горючего продукта и происходит интенсивное горение.

На практике отмечено много случаев повреждения труб из простой стали. Особенно часто встречается прогар труб.

Так, на одном из крекинг-заводов произошел прогар центральной трубы потолочного экрана печи легкого крекинга. Во внутренний объем печи вылилось при этом около 8 т нефтепродукта. Деформировалось 12 труб потолочного экрана и шесть труб боковых экранов. Огонь угрожал соседним аппара-

там и насосной станции. Внутри печи огонь был потушен водяным паром, около печи — пенной и распыленной водой. Печь была остановлена на пять суток.

При определении причины пожара нужно иметь в виду, что разрыв в средней части трубы радиантной системы вызывается в основном прогаром, а разрыв на конце трубы — уменьшением толщины стенок.

Интенсивное горение внутри топочного пространства, своего рода пожар, возникает также при попадании в печь горючей жидкости через газовые форсунки. При работе газовых форсунок, особенно в зимнее время, в газовой линии может образоваться значительное количество конденсата, который вместе с газом будет поступать в топку. Попадание жидкости в топку вызывает выброс огня через имеющиеся проемы наружу и резкий скачок температуры в печи, что приводит к частичному окисыванию труб.

Причины пожаров вне печи. Снаружи трубчатой печи пожары могут возникать в камерах двойников (ретурбендов), у форсуночного фронта и на подводящем или отводящем продуктопроводе при его повреждении.

Выход нагреваемой жидкости или ее паров наружу через двойники (см. рис. 20) наблюдается при неплотном прилегании пробки к корпусу двойника, при выбросе пробки, нарушении соединения труб с корпусом двойника и повреждениях корпуса.

Наиболее часто пожар возникает при выходе продукта вследствие неплотного прилегания пробки к корпусу. Эта неплотность образуется при слабой затяжке нажимных болтов или недостаточно тщательной очистке поверхностей от частичек кокса. Через получившуюся щель выходит струйка жидкости или, чаще, пара. Струйка пара рассеивается в окружающее пространство. Когда выходящий продукт нагрет выше температуры самовоспламенения, он сразу же загорается. Это повреждение несерьезное и очень часто само ликвидируется, т. е. неплотность постепенно закоксуывается.

Серьезную аварию представляет выброс пробки или нарушение соединений труб с корпусом двойника. Выброс пробки происходит в результате срыва резьбы болта или гайки, поломки хвоста гайки или приливов корпуса. Причина этого заключается не только в дефектах металла, но и в перенапряжениях, особенно при попытке ликвидации неплотностей пробки путем подтяжки болта без снижения давления в трубах.

Концы труб соединяются с корпусом двойника развальцовкой. При некачественной развальцовке двойник вырывается из труб. Одной из причин выброса пробки и вырыва двойника из труб является работа при повышенном давлении или резкое изменение давления.

При этих видах аварии наружу под большим давлением выбрасывается струя горючего продукта. Часто он сразу воспламе-

няется. Если же продукт сразу не воспламенится, то происходит интенсивное испарение с загазовыванием территории установки. Образовавшееся газовое облако может воспламениться от форсунок печи или от других источников, расположенных на пути его движения. Выброшенные с большой силой пробки или двойники могут повредить соседние аппараты.

На одном из заводов после ремонта трубчатой печи ее стали пускать в действие. Розжиг начали в 6 час. утра. К 2 час. дня печь была введена в нужный температурный режим, но работала под давлением в два раза меньше нормального. Нормальное рабочее давление перед входом в печь должно было быть 50 атм. В 3 часа 15 мин. давление резко повысили до 49 атм. Сразу же после этого произошла авария. Из печи были выброшены на расстояние более 25 м четыре двойника, сорваны три решетки и подвески труб. Одновременно из печи под большим давлением стала выбрасываться жидкость, которая сразу же воспламенилась. Горящая жидкость, разливаясь по территории, охватила огнем расположенные рядом аппараты и сооружения. Несколько человек получили серьезные ожоги. В результате самоотверженной работы пожарных подразделений и обслуживающего персонала пожар был полностью ликвидирован в 4 часа 30 мин. дня.

Непосредственными причинами вырыва двойников из труб явились большая динамическая нагрузка, вызванная резким повышением давления в системе, и некачественная развальцовка труб в вырванных двойниках.

Корпус двойников работает почти в таких же тяжелых условиях, как трубы. При изготовлении двойников из некачественного материала или при резких изменениях температур в корпусе могут образоваться трещины. Чаще всего повреждение возникает в результате воздействия на корпус атмосферных осадков (снег, дождь, сильный холодный ветер), если коробки двойников не имеют дверец или они неисправны. В первую очередь трещины появляются в перемычке между отверстиями для пробок.

Причины пожаров у форсуночного фронта рассмотрены на стр. 42.

Повреждения трубопроводов, подводящих или отводящих продукт из печи, образуются вследствие различного рода динамических воздействий и температурных деформаций. Стенки труб, особенно отводящей, нагреты до высокой температуры, поэтому отсутствие компенсаторов или нарушение теплоизоляции может привести к появлению больших температурных напряжений. Утечка жидкости наблюдается также при повреждении прокладок во фланцевых соединениях (разъединение, выжим) или удлинении нагретых крепежных болтов. Выход жидкости или ее паров при неисправности отводящей линии часто сопровождается самовоспламенением их.

в) Пожарно-профилактические мероприятия

Основной несущей конструкции печи — металлическому каркасу — необходимо обеспечивать возможность температурных деформаций. Для этого некоторые соединения делают не свар-

ными, а болтовыми с овальными отверстиями для болтов. Каркас не должен перегреваться. Поэтому внутреннюю полку швеллеров или двутавров защищают со стороны топочного пространства огнеупорным кирпичом толщиной не менее 20—25 см. Вторую полку не следует закрывать кладкой для свободного омывания воздухом с целью охлаждения.

Во избежание вредных деформаций кирпичного заполнения при неравномерном прогреве устраивают температурные швы (рис. 22).

Прогрев печи нужно производить медленно. Сначала зажигают две-три форсунки, через 30 мин. — следующие две и т. д.

Режим разогрева печи должен быть таким, чтобы продукт, циркулирующий по трубам, нагревался не более чем на 40—50° С в час.

Правило розжига форсунок — общее (см. стр. 43).

Для защиты конструкции печи от разрушения при возможном взрыве в топочном пространстве боковые стены радиантной камеры оборудуют предохранительны-

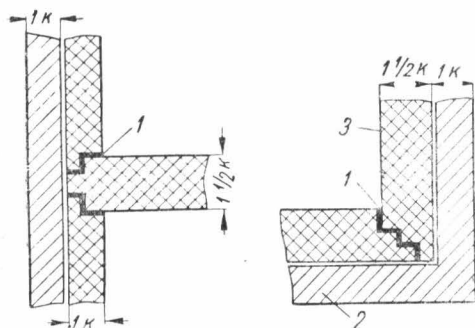


Рис. 22. Температурные швы кладки печей:

1 — температурный шов с асбестовым шнуром;
2 — красный кирпич; 3 — футеровка.

ми клапанами 17 (см. рис. 17 и 18). Ничто не должно мешать полному открытию клапанов, они должны быть доступны наблюдению и проверке.

Змеевики трубчатых печей, как наиболее ответственную часть, выполняют из жаростойкой и износоустойчивой стали. Трубы из высоколегированной стали работают почти до полного закоксовывания, не прогорая.

Для обеспечения работы печи без интенсивного теплового, химического и механического износов труб необходимо контролировать: установленные режимы давления в змеевиках, температурные режимы работы, качество сырья, соблюдение сроков чистки и профилактического ремонта.

Практикой установлено, что для уменьшения возможности термического разложения давление в трубах должно быть таким, чтобы скорость жидкости была в пределах 1—3 м/сек.

Для каждой печи устанавливают нормально допустимые величины давления продукта перед входом в змеевик и по выходе из него и контролируют действительное давление. Нужно следить, чтобы отводные трубки к самопишущим манометрам не закоксовывались. Во избежание прекращения подачи жидкости в печь емкости, из которых питаются насосы, должны иметь

ясно обозначенный аварийный уровень. Следует наблюдать, чтобы уровень продукта в емкости не понижался до аварийного.

Режим работы топочного пространства должен контролироваться и регулироваться автоматически. Нормально установленная температура в радиантной камере на перевале и по выходе дымовых продуктов из конвекционной камеры в боров поддерживается терморегуляторами, фиксирующими действительную температуру и регулиующими подачу топлива к форсункам. Правильность сгорания топлива контролируется анализатором состава дымовых продуктов.

Для каждой печи устанавливается температура поступающего в змеевик и выходящего из него продукта. Для измерения действительной температуры в этих точках помещают термпары с самопишущим устройством.

Все контрольно-измерительные приборы должны быть сосредоточены в одном месте и за их показаниями нужно постоянно следить, а их исправность контролировать.

Для уменьшения химического износа труб количество вредных примесей, содержащихся в нагреваемой жидкости, не должно превышать величину, установленную инструкцией. Фактически содержание примесей определяют анализом и отмечают в журнале.

В жидкости не должно быть твердых взвешенных частиц. Жидкость, содержащую примеси больше нормы, подвергают предварительной очистке.

Для каждой печи, исходя из режимов ее работы и состава сырья, составляют график чистки и предупредительного ремонта. Чистку труб от кокса, графита и сажи производят строго по графику. В это же время всю печь и особенно трубы тщательно осматривают и проверяют.

Типовые правила пожарной безопасности нефтеперерабатывающей промышленности требуют, чтобы во время эксплуатации трубчатой печи контролировалось состояние ее труб. Работа с отдулинами и свищами в трубах, а также с износом выше допустимых пределов (уменьшение толщины стенок) запрещается во избежание разрывов труб.

Для выявления отдулин и определения степени износа труб нужно производить не только осмотр, но и необходимые промеры.

Наружный осмотр и промеры наружного диаметра труб осуществляют при каждой остановке печи во всех местах, где это возможно. Внутренний диаметр измеряют по установленному графику в разные сроки для различных печей и даже для различных труб.

Степень изменения диаметра труб, подлежащих замене, зависит от назначения печи, характера сырья, а также материала труб и приводится в соответствующих таблицах.

Например, для потолочного экрана печи прямой гонки хромомолибденовую трубу с нормальными размерами 116,8 ×

× 126,6 мм бракуют, если ее внутренний диаметр стал 119 мм или внешний диаметр 132 мм. Так как некоторые трубы наиболее сильно изнашиваются по концам, то допускается применение конических втулок при определенном износе трубы у двойника.

Результаты промера и отбраковки труб заносят в специальный журнал.

Материал, применяемый для изготовления корпусов и пробок двойников, должен противостоять действию высоких температур и коррозии, особенно при переработке сернистых продуктов. Таким материалом является легированная сталь. Нажимные болты и гайки работают примерно в таких же условиях и, следовательно, их нужно изготавливать также из высококачественной стали.

Нельзя использовать двойники с имеющимися или заваренными трещинами. Подтяжку нажимных болтов для уплотнения пробок можно производить только после снижения давления в трубах до атмосферного.

При закрытии двойников следят, чтобы хвост гайки был прочно закреплен в соответствующем вырезе корпуса, а поверхность пробки не была сработана.

Для защиты двойников от атмосферных воздействий шкафы двойников должны иметь плотно закрывающиеся металлические дверцы. Под двойниками в шкафах устанавливают дренажные противни.

При образовании течи, что обнаруживается по газам, идущим от дверцы двойниковой коробки, необходимо немедленно дать пар в двойниковые шкафы и замазать все щели дверей глиной для изоляции двойников от воздуха. При сильной течи нужно остановить печь.

Прочность и плотность труб и двойников проверяют гидравлическим испытанием на давление в полтора раза выше максимального рабочего давления. Рекомендуется до опрессовки продуктом проверить плотность соединений труб и пробок двойников водяным паром при давлении 10 атм.

Во избежание пожаров у форсуночного фронта трубчатых печей необходимо следить за исправностью топливных линий, плотностью фланцевых соединений и сальников задвижек. Воздушные короба и площадка под форсуночным фронтом должны быть чистыми. Для удобства поддержания чистоты площадка должна иметь твердый покров и лоток с подводом воды. Это дает возможность смывать излившееся топливо в канализационную систему через гидравлический затвор. Форсунки защищают от прямого воздействия ветра металлическими щитами.

Во избежание аварий трубопроводов, подводящих и отводящих продукт от трубчатой печи, их выполняют из высококачественной стали, хорошо закрепляют, устраивают минимальное количество фланцевых соединений, снабжают температурными компенсаторами, задвижками и исправной теплоизоляцией.

Остановка и пуск трубчатой печи. Остановка трубчатой печи может быть плановой на чистку или ремонт и аварийной.

При остановке печи на ремонт или чистку медленно гасят форсунки и при непрерывной циркуляции продукта по трубам производят постепенное охлаждение конструкции печи. После этого выдавливают содержимое змеевиков и продувают их водяным паром до полного удаления продукта, что определяется через пробный краник по цвету и запаху.

Вскрытие пробок можно начинать через 30—35 мин. после прекращения подачи пара. Сначала следует вскрывать контрольные пробки (верхние, по одной в каждой секции) для снижения давления в системе, а затем все остальные.

Очистка труб от кокса — трудоемкая и длительная операция. Для сокращения ее продолжительности рационализаторы производят очистку труб радиантной секции путем продувки их водяным паром при одновременном подогреве до безопасной температуры в течение 8 час.

Все ремонтные работы в борове и дымовой трубе выполняют только после тщательной продувки их водяным паром и последующего вентилирования.

Аварийная остановка печи требуется при прогаре труб, порче питающих насосов, прекращении подачи электроэнергии или пара, сильных утечках в двойниках, а также при авариях и пожарах соседних аппаратов.

В случае аварии необходимо сразу же потушить топливные форсунки и подавать пар во внутренний объем печи, приняв срочные меры к остановке питающих насосов. После снижения давления продукта следует выжать его из змеевиков водяным паром в аварийную емкость или в ректификационную колонну. Подачу пара в змеевик нужно продолжать и после удаления продукта, пока трубы не будут охлаждены.

При возникновении пожара необходимо немедленно потушить форсунки, закрыв общую задвижку на газовой и жидкостной линиях, подать в топочное пространство пар при полном открытии паровых вентилей, остановить сырьевой насос, принять срочные меры к выдавливанию продукта из змеевиков в аварийную емкость, закрыть все отверстия и окна в печи, закрыть шибер воздуха и дыма.

Для выдавливания нагреваемой жидкости из змеевика при остановке и аварии печь оборудуют системой паропроводов, присоединяемых к подводящей и отводящей линиям, а иногда и к промежуточным точкам змеевика.

Во избежание попадания нагреваемой жидкости в паровую линию необходимо, кроме вентиля, устанавливать на линии обратный клапан (рис. 23). Для контроля за состоянием обратного клапана и запорного вентиля служит спускной контрольный краник, всегда открытый в атмосферу (кроме момента выжатия). Перед подачей пара в змеевики из паровых линий спускают конденсат.

При прогаре трубы в радиантной секции змеевик продувают паром сверху вниз, а при прогаре трубы в конвекционной секции — снизу вверх. Пар пропускают по трубам в течение всего периода остывания печи.

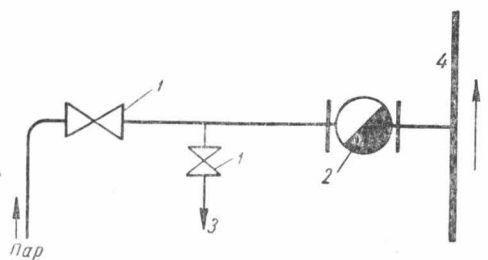


Рис. 23. Схема оборудования паровых линий:

1 — задвижка; 2 — обратный клапан; 3 — контрольная трубка; 4 — продуктовая линия.

Схема соединения паровых линий со змеевиком печи приведена на рис. 24. Здесь же показаны аварийные линии (9, 11) и подвод пара для продувки змеевика в аварийную емкость.

Перед пуском печи после очистки или ремонта необходимо тщательно

осмотреть все ее части и произвести испытание на давление. Перед испытанием змеевик печи промывают водой по ходу продукта в течение нескольких часов. Испытание и опрессовку мож-

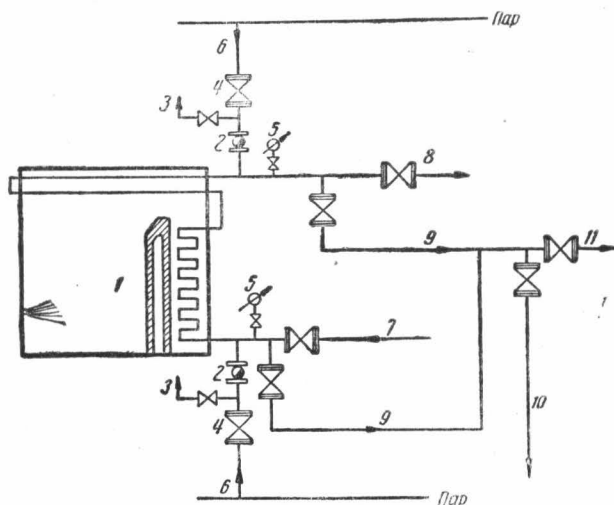


Рис. 24. Схема соединений паровых линий со змеевиком печи:

1 — трубчатая печь; 2 — обратные клапаны; 3 — контрольные краники; 4 — паровой вентиль; 5 — манометр; 6 — водяной пар от магистрального паропровода; 7 — ввод сырья в печь; 8 — выход сырья из печи; 9 — продувочная линия; 10 — продувка в канализацию; 11 — продувка в аварийную емкость.

но производить водой или жидкостью, подлежащей нагреву. Давление в системе повышают медленно и в два-три приема. После каждой ступени повышения давления осматривают все соединения и отмечают дефекты. Продержав печь под испыта-

тельным давлением в течение 5 мин., его медленно снижают. Дефекты устраняют только после снижения давления до атмосферного.

После испытания печь ставят на циркуляцию и разжигают форсунки.

Средства пожаротушения. Каждую трубчатую печь оборудуют стационарной системой паротушения и снабжают необходимым количеством первичных средств пожаротушения.

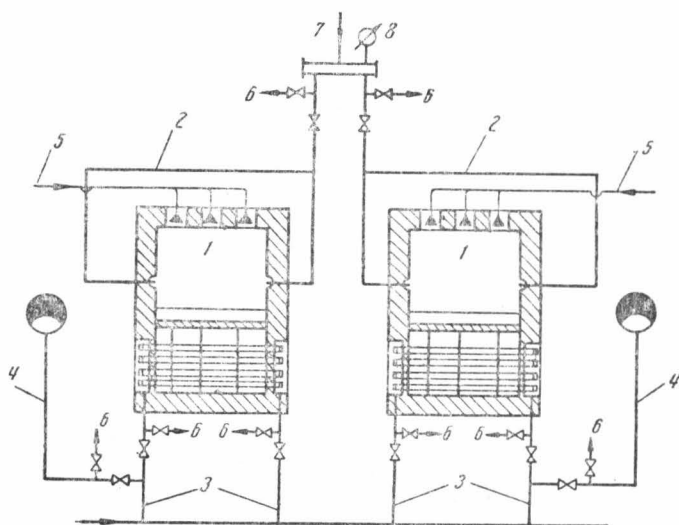


Рис. 25. Схема стационарной системы паротушения трубчатых печей:

1 — трубчатые печи; 2 — подача пара в радиантную камеру; 3 — подача пара в коробки двойников; 4 — подача пара к основанию дымовых труб; 5 — форсуночный пар; 6 — продувочные линии; 7 — коллектор; 8 — манометр.

Водяной пар для трубчатой печи является основным средством пожаротушения, поэтому стационарная система должна быть правильно выполнена. Пар нужно подводить в радиантную камеру, во все коробки двойников, в боров и дымовую трубу.

Схема стационарной системы паротушения трубчатых печей показана на рис. 25.

В радиантную камеру пар подводится с двух противоположных сторон самостоятельным трубопроводом 2 диаметром не менее 50 мм. Пусковые вентили располагаются в наиболее безопасном месте, не ближе 5 м от печей.

Подвод пара к коробкам двойников производится по линиям диаметром не менее 25 мм. Для каждой коробки двойников предусматривается самостоятельный отвод 3 с пусковым вентилем, расположенным сбоку от дверей. Паровая линия 4 должна быть подведена также к основанию дымовой трубы.

Все паровые линии имеют приспособления для продувки их

от конденсата. Работа печи с неисправной подводкой пара не разрешается. Давление пара в паровой магистрали должно составлять около 4 атм. Паровые линии имеют отличительную окраску от других линий и таблички на вентилях с обозначением места ввода пара.

Тушение небольшого количества излившегося продукта можно производить огнетушителями, песком и асбестовыми одеялами. Количество этих первичных средств пожаротушения определяется нормами ГУПО. При больших пожарах, кроме водяного пара, применяют пену и воду.

Нельзя направлять струи воды во внутренний объем печи и на сильно разогретые поверхности. Наружные нагретые поверхности (арматуру, каркас, дымовую трубу и т. п.) можно охлаждать распыленной водой, а сильно разогретые (двойники и т. п.) — пеной.

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПЕЧЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ПЫЛЕВИДНОМ ТОПЛИВЕ

Печи, работающие на пылевидном топливе, применяются очень часто для получения водяного пара. Хотя для нагревания горючих жидкостей пылевидное топливо почти не используется, необходимо рассмотреть особенности пожарной опасности этих печей.

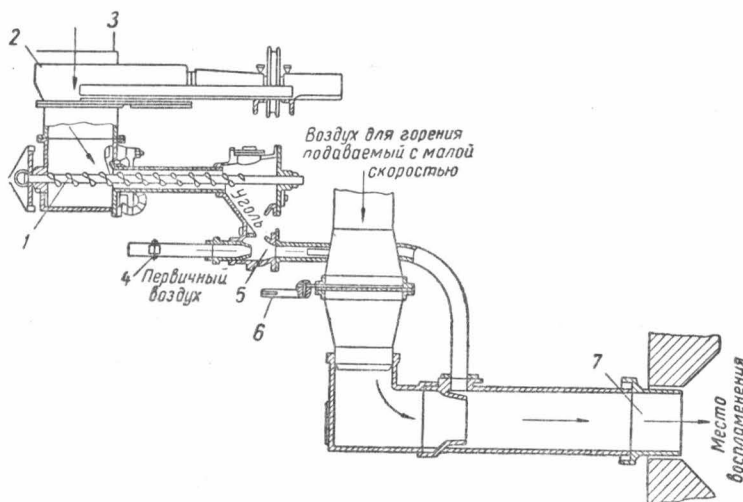


Рис. 26. Схема подачи угольной пыли к котлам:

1 — питатель; 2 — воронка; 3 — задвижка; 4 — дутьевой клапан; 5 — воздушные трубы; 6 — сифон; 7 — горелка.

Пыль к топкам подается из пылеприготовительной установки по воздушным линиям при помощи специальных питателей (рис. 26). Питатели 1 дозируют поступление пыли из бункеров

в воздушные трубы 5. В воздушных трубах пыль распыляется сжатым воздухом, нагретым до температуры 200—250° С. Сжатый воздух уносит пыль к горелкам 7 и через них в топочное пространство. Попадая в топочное пространство, пыль подвергается тепловому воздействию, частично разлагается и сгорает. Температура самовоспламенения пыли сравнительно высокая— для некоторых зольных сортов пыли она доходит до 700° С и выше. Поэтому устойчивое горение пыльного факела в топочном пространстве может происходить при температурах порядка 900—1000° С.

Для достижения такой температуры в момент розжига котлов топочное пространство предварительно прогревают. Прогрев печи обычно производят жидким или газовым топливом при помощи дополнительных форсунок, которыми оборудуют топки котлов.

При недостаточно высокой температуре топочного пространства может произойти обрыв факела пламени пыльных форсунок. Обрывы факелов пламени часто приводят к взрывам.

Наибольшее количество взрывов при сжигании пыли происходит именно на моменты розжига топки. Взрывы могут также возникать при работе с малыми концентрациями пыли и при переходе с одного сорта пыли на другой.

Если перед розжигом пыли топка не была достаточно прогрета и пыль не была устойчиво зажжена или при малой нагрузке (небольшом количестве пыли) горение стало неустойчивым, в топке происходит обрыв факела пламени. Горящий пылевидный факел внезапно гаснет, и вся топка наполняется несгоревшей пылью. От теплоты стенок пыль подвергается термическому разложению. Газообразные продукты разложения пыли и сама пыль могут образовать с воздухом топочного пространства взрывоопасные концентрации. При попытке повторно поджечь факел пыли происходит взрыв. Газовая смесь может взорваться и от теплоты какой-либо наиболее нагретой точки топочного пространства, тем более что температура самовоспламенения газовых смесей значительно ниже, чем пылевоздушных смесей.

Во избежание взрывов в топочном пространстве пылеугольных печей необходимо соблюдать следующие профилактические мероприятия.

Розжиг пыльного факела можно производить только после прогрева топки до температуры не ниже 900—1000° С.

При обрыве факела пламени во время розжига и в процессе работы печи нужно немедленно остановить подачу пыли; вновь зажигать форсунки (и жидкостные и пыльные) разрешается только после контроля температуры и тщательной вентиляции топки и газопроводов или продувки их паром.

Для предупреждения обслуживающего персонала об обрыве факела служит аварийная сигнализация. Печи большой производительности должны иметь устройство, автоматически включа-

ющее мазутные или газовые форсунки при обрыве пыльного факела.

В процессе сжигания пыли необходимо добиваться минимального недожога. Отложение несгоревших частиц пыли в зольнике, а также в углах и поворотах дымовых каналов может привести к взрыву при взвихрении в моменты очистки печи от золы. Наиболее безопасным способом очистки печи от золы является непрерывное гидрозолоудаление. Если этот способ применить нельзя, то очистку зольника во избежание ожогов кочегаров следует производить при постоянном увлажнении золы.

Все пылеугольные печи защищают от разрушения путем устройства предохранительных клапанов, устанавливаемых в топочном пространстве печи и в дымоходах. На каждом участке должно быть не менее двух клапанов.

Для безопасности обслуживающего персонала предохранительные клапаны необходимо располагать таким образом, чтобы избыточные газы выбрасывались как можно дальше от рабочих мест и в наиболее безопасном направлении.

Глава III

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ ОБОГРЕВА СПЕЦИАЛЬНЫМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В тех случаях, когда обогрев водяным паром нельзя использовать из-за малой рабочей температуры, а обогрев дымовыми

топочными газами — по соображениям пожарной безопасности или вследствие невозможности осуществления равномерного нагревания веществ, — применяют обогрев специальными теплоносителями. Они позволяют получать температуры от 180 до 400° С, а иногда и выше. Наиболее часто в качестве теплоносителей используют органические жидкости, перегретую воду и расплавленные соли.

Применение этого способа обогрева требует устройства замк-

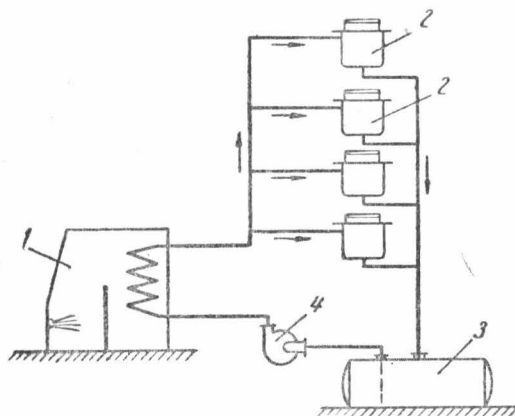


Рис. 27. Схема обогрева жидкими теплоносителями с принудительной циркуляцией:

- 1 — печь для нагревания жидкого теплоносителя;
- 2 — теплообменные аппараты;
- 3 — сборник охлажденного теплоносителя;
- 4 — насос.

нутой системы с постоянной циркуляцией теплоносителя. Основными элементами подобных установок (рис. 27) являются: печь 1 для нагревания теплоносителя, теплообменные аппараты 2, системы трубопроводов и насос 4.

Теплообменная поверхность аппаратов может быть различной.

Теплоносители нагреваются в печи топочными газами или электрическим током. Циркуляция теплоносителя в системе может быть естественной или принудительной за счет насоса.

Рассмотрим характерные особенности некоторых способов обогрева специальными теплоносителями.

ОБОГРЕВ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДОЙ

Перегретую воду применяют, когда требуется достижение рабочих температур порядка 350°C и вместе с тем необходима точная регулировка температур во избежание нежелательных процессов разложения или полимеризации.

Система обогрева перегретой водой получила распространение при производстве органических полупродуктов и красителей, в фармацевтической промышленности, при производстве косметических и ароматических веществ, в пищевой промышленности и т. д.

Установка для обогрева перегретой водой состоит из трубчатой печи или водотрубного котла, теплообменных аппаратов, чаще всего змеевикового типа, и системы трубопроводов.

Отличительной особенностью этого метода обогрева является работа при очень высоких давлениях теплоносителя. Например, для достижения температуры воды 350°C давление в системе должно быть $168,6 \text{ атм.}$ Максимальное давление насыщенного водяного пара равно 225 атм. , что соответствует температуре 374°C (критическая точка для насыщенного водяного пара). Во избежание аварий, связанных с возможностью взрывов, все трубопроводы, змеевик нагревателя и теплообменную поверхность аппаратов изготовляют из стальных цельнотянутых труб. Соединения труб выполняют только сварными, за исключением монтажных узлов. Всю систему рассчитывают на работу при максимальном давлении, а перед пуском испытывают на давление, в два раза превышающее рабочее, т. е. на 450 атм.

Во избежание засорения труб и коррозии их, а также попадания с водой значительного количества растворенного воздуха и других газов систему заполняют дистиллированной водой. Температуру и давление контролируют при помощи саморегистрирующих термометров и манометров, устанавливаемых как у нагревателя, так и у теплообменных аппаратов в местах выхода и входа воды.

Для того чтобы исключить возможность разрыва труб вследствие объемного расширения воды при нагревании (так как вода не сжимается), пуск установки производят постепенным

нагреванием при постоянном удалении избытка воды из системы через выпускной клапан. При этом необходимо следить, чтобы давление воды было немногим больше давления насыщенного пара при данной температуре.

Так как трубопроводы, по которым циркулирует перегретая вода, имеют температуру, достаточную для воспламенения соприкасающихся с ними деревянных конструкций, сгораемых деталей и органической пыли, их теплоизолируют так, чтобы температура на поверхности изоляции была не более 50°C . Трубопроводы должны иметь температурные компенсаторы.

К основным преимуществам системы обогрева, перегретой водой относятся применение негорючего теплоносителя и изоляция огневого источника для подогрева воды от производственного помещения.

ОБОГРЕВ МАСЛОМ

Масло применяют для обогрева примерно в тех же случаях, что и перегретую воду, т. е. когда требуется сравнительно мягкий обогрев, устраняющий возможность внезапных резких повышений температуры. Обогрев маслом позволяет получать рабочие температуры порядка 250°C . В качестве теплоносителей при этом способе обогрева используют минеральные масла с удельным весом от 0,85 до 0,94. Нагрев масла обычно производят огнем, реже электрическим током. Принципиальная схема установки с масляным обогревом ничем не отличается от общей схемы, показанной на рис. 27.

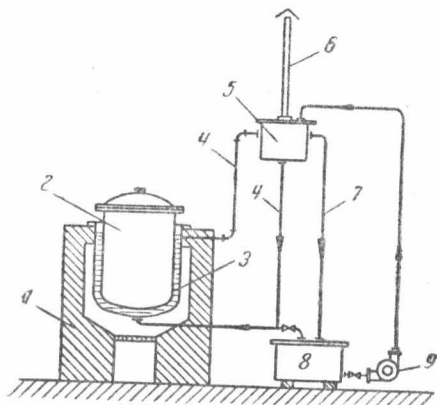


Рис. 28. Установка для нагревания на масляной бане:

1 — огневая печь; 2 — рубашка; 3 — масляная рубашка; 4 — циркуляционные трубопроводы; 5 — расширительный бачок; 6 — отводная труба; 7 — переливная линия; 8 — сборник масла; 9 — насос.

Иногда печь для нагрева масла и теплообменник объединяют в один общий аппарат. Это сильно упрощает установку, а наличие между топочными газами и обо-

греваемой жидкостью слоя масла позволяет осуществлять мягкий обогрев. Схема установки для нагревания на масляной бане показана на рис. 28. В печь с огнем обогревом 1 устанавливают аппарат (котел) 2 с масляной рубашкой 3. Для циркуляции масла в системе служат трубопроводы 4.

За счет теплоты дымовых продуктов масло нагревается до температуры на $15\text{--}20^{\circ}$ выше требуемой температуры на-

грева продукта. Такая небольшая разница в температурах и обеспечивает мягкость обогрева.

Обогрев маслом создает значительную пожарную опасность независимо от того, какой продукт нагревается в аппарате.

Причины образования горючей среды. Излитие масла из рубашки и трубопроводов в помещение или в печь происходит при образовании неплотностей и повреждений от прогара, химического износа и повышенного давления.

Тепловой и химический износы поверхности рубашки вызваны теми же причинами, что и у других теплообменных поверхностей. Ококсовывание стенок возникает вследствие разложения масел, которое становится заметным при средней температуре 250—300° С. Нагрев масла до такой температуры происходит при небольшой скорости движения его в системе (особенно при естественной циркуляции) и как раз в месте максимального прогрева (дно аппарата). Снижение скорости циркуляции может быть следствием значительных отложений в трубах и неполного открытия вентилей. Разложение масла сопровождается выделением газообразных продуктов. Если этим газам не обеспечить беспрепятственного выхода из системы, давление может возрасти, а циркуляция масла ухудшится вследствие образования газовых пробок.

Повышенное давление в системе может образоваться также вследствие расширения масла при нагревании. Если в период пуска не отвести из системы излишек масла, то в силу несжимаемости жидкостей в трубопроводах образуется очень большое давление, достаточное для разрыва стенок.

Весьма опасно наличие в масле воды. При нагревании выше 100° С вода начинает вскипать, вследствие чего давление в системе повышается.

Источники воспламенения. При повреждении рубашки масло, попадая в топочное пространство печи, воспламеняется от открытого огня. При повреждении циркуляционных линий масло выходит в производственное помещение, но самовоспламенения не происходит, так как рабочая температура масла не превышает 250—300° С, а температура его самовоспламенения лежит в пределах 350—400° С. В этом случае воспламенение может быть вызвано тепловыми источниками, не связанными с системой обогрева. Следует иметь в виду, что рабочая температура масла часто бывает выше его температуры вспышки. Следовательно, при попадании масла в замкнутые пространства можно ожидать образования взрывоопасных концентраций.

Количество циркулирующего в системе масла иногда достигает больших величин. Объем масла в первую очередь зависит от размера установки. Однако при всех прочих равных условиях количество масла в системе должно быть значительно больше, чем, например, количество воды, так как вследствие небольшой разности температур между маслом и обогреваемым продуктом (15—20°), небольшого коэффициента тепло-

проводности и малой теплоемкости ($C = 0,42 \text{ ккал/кг } ^\circ\text{C}$) масла интенсивность теплообмена в системе получается незначительной.

Профилактические мероприятия. Для того чтобы предупредить возможность возникновения пожара и создать условия для его быстрой локализации, предусматривают следующие профилактические мероприятия.

Конструкцию топки выполняют так, чтобы обогрев производился дымовыми газами, а пламя не касалось теплообменной поверхности, т. е. печь оборудуют выносным топливником (см. рис. 27). Для предотвращения перегревов и оокосовывания поверхности следят за режимом обогрева, т. е. за температурами в топочном пространстве и температурой теплоносителя. Для каждого сорта масла устанавливают максимально допустимую температуру нагрева. Как правило, максимальная рабочая температура должна быть примерно на 50° ниже температуры самовоспламенения масла.

Во избежание повышения давления в системе вследствие объемного расширения масла при нагревании устанавливают расширительный бачок 5 (см. рис. 28). Этот бачок может служить также напорным резервуаром при заливке системы маслом. Во избежание повышения давления в системе от пара и газообразных продуктов расширитель соединяют с атмосферой трубой 6. Отводная труба должна выходить выше конька кровли и иметь на конце огнепреградитель в виде двух слоев медной сетки или другого типа.

Для того чтобы при вспенивании масло не выбрасывалось из расширителя (при кипении содержащейся в масле воды), его снабжают переливным трубопроводом 7, соединенным со сборником масла 8.

При возникновении аварии или пожара масло из системы необходимо удалять. С этой целью предусматривают приспособление для аварийного спуска. В качестве аварийного резервуара может быть использован сборник масла 8, если он вынесен из производственного помещения. Система трубопроводов должна иметь уклон в сторону аварийного резервуара.

Для изоляции основного источника воспламенения — открытого огня — от теплообменных аппаратов целесообразно нагревать масло централизованно в особой печи. Печь для нагревания масла выносят из производственного помещения.

Если это требование по экономическим или технологическим соображениям неосуществимо, т. е. источники огневого обогрева располагаются в производственном помещении, топку печей следует производить из соседнего помещения.

Пожарная опасность производственного помещения определяется не только наличием системы масляного обогрева, но и пожароопасными свойствами нагреваемого продукта.

Из всего сказанного видно, что обогрев маслом имеет существенные недостатки как в отношении технологическом (не-

значительная интенсивность теплообмена, ограниченность в достижении высоких температур), так и в отношении значительной пожарной опасности.

ОБОГРЕВ ДИФЕНИЛЬНОЙ СМЕСЬЮ (ДАУТЕРМОМ)

Недостатки обогрева перегретой водой и маслом заставили предпринять поиски теплоносителей, позволяющих достигать высоких рабочих температур при небольших давлениях и в то же время стойких против разложения при нагревании. Этим условиям в некоторой степени удовлетворяют такие органические жидкости, как дифенил и дифениловый эфир.

Дифенил — это углеводород ароматического ряда, имеющий формулу $C_6H_5 - C_6H_5$. Температура кипения дифенила при нормальном давлении $254,9^\circ C$, удельный вес — 1,04.

Дифенилоксид, или дифениловый эфир, имеет формулу $C_6H_5 - O - C_6H_5$. Температура кипения его при нормальном давлении $257,9^\circ C$, удельный вес — 1,08.

Для обогрева чаще всего применяют смесь дифенила (26,5%) и дифенилового эфира (73,5%). Эта смесь называется дифенильной смесью, высокотемпературным органическим теплоносителем (ВОТ) или даутермом.

Дифенильная смесь — это бесцветная жидкость с резким характерным запахом. Удельный вес ее около единицы, температура кипения при атмосферном давлении $258^\circ C$. Рабочая температура смеси при давлении 5,3 атм равна $350^\circ C$.

Обогрев дифенильной смесью применяется в анилино-красочной, химико-фармацевтической, пищевой промышленности, при производстве шелка капрон, на паросиловых установках (в качестве промежуточного теплоносителя) и т. д.

Применение дифенильной смеси, как теплоносителя, с каждым годом будет возрастать, так как возможности использования даутерма в нашей промышленности весьма велики.

Обогрев может осуществляться жидкой дифенильной смесью или ее парами. В обоих случаях смесь нагревается топочными газами или электрическим током и, отдавая свое тепло продукту, обеспечивает высокую равномерность нагревания без местных перегревов стенок аппаратуры.

Без повышенного давления дифенильная смесь позволяет получать рабочие температуры до $260^\circ C$. Температуры от 260 до $370^\circ C$ достижимы лишь при наличии внутреннего давления в системе до 8,5 атм.

Одна из технологических схем установки для обогрева парами ВОТ показана на рис. 29.

Жидкий ВОТ нагревается за счет теплоты дымовых продуктов в печи 1 и испаряется в паросборнике. Пары при температуре $260-370^\circ C$ направляются в рубашки теплообменных аппаратов 2 и 3.

Отдавая свое тепло стенкам аппаратов, пары конденсируются. Получающийся конденсат отводится через конденсационные горшки 4 и 5 и холодильник 6 в сборник конденсата 7. Из сборника насосом 8 жидкость снова подается в печь. Рубашки теплообменных аппаратов для улучшения условий теплообмена разделены на две секции, работающие параллельно.

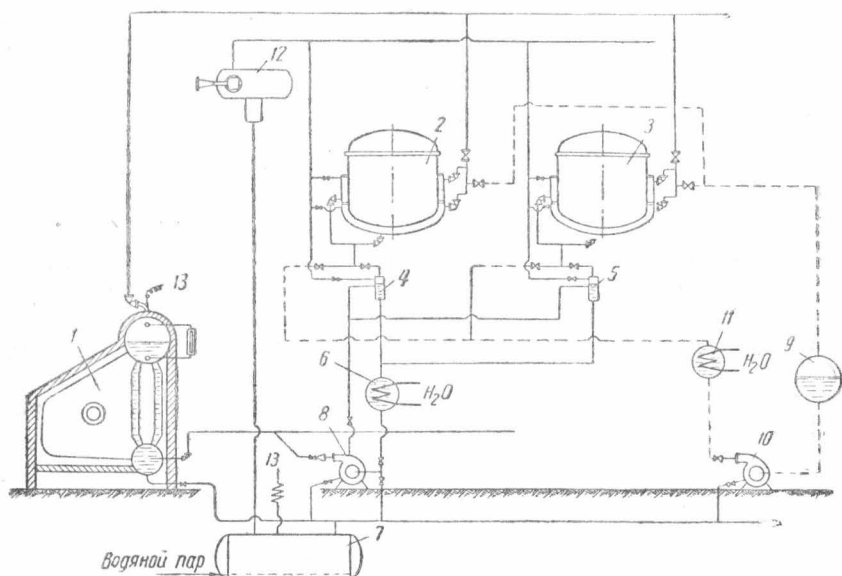


Рис. 29. Схема установки для обогрева парами дифенильной смеси (даутермом):

1 — паровой котел (печь); 2, 3 — теплообменные аппараты; 4, 5 — конденсационные горшки; 6 — холодильник; 7 — сборник конденсата; 8 — насос; 9 — сборник конденсата; 10 — циркуляционный насос; 11 — холодильник для конденсата; 12 — пароструйный эжектор; 13 — предохранительный клапан.

При необходимости охлаждения аппаратов используют жидкую дифенильную смесь. Для этого после отключения системы обогрева включают систему охлаждения. Дифенильная смесь из сборника 9 забирается циркуляционным насосом 10 и прокачивается через холодильник 11 в рубашки теплообменных аппаратов. Из рубашек жидкость вновь поступает в сборник 9.

Дифенильная смесь, даже при длительной работе, не образует на стенках аппарата твердых отложений, а коэффициент ее теплоотдачи выше, чем у масла.

Термическая стойкость даутерма позволяет эксплуатировать установки длительное время без чистки. Это видно из табл. 5.

При работе установки под давлением 8 атм и температуре 370°С после шести месяцев эксплуатации не наблюдалось видимого разложения смеси.

Термическая стойкость ВОТ

Показатели	Температура в °С				
	345	370	385	400	415
Распад за сутки в % . . .	0,0125— 0,0175	0,02— 0,03	0,03— 0,05	0,19— 0,25	0,35—0,5
Срок службы в месяцах до регенерации	46—60	25—37	10—14	3—4	1,5—2

Пары ВОТ несут большой запас тепла. Единица объема паров дифенильной смеси несет тепла только немногим меньше, чем тот же объем водяного пара (примерно на 25%).

Благодаря гибкости и легкости регулирования температуры, высокому коэффициенту теплоотдачи и отсутствию ооксовывания пары ВОТ в большинстве случаев являются одним из наиболее эффективных средств для нагревания при высоких температурах.

Однако наряду с положительными качествами пары ВОТ и жидкая дифенильная смесь обладают существенными недостатками. К ним относятся горючесть, высокая температура плавления и способность легкой диффузии через прокладочные материалы. Это необходимо иметь в виду при анализе пожарной опасности.

Причины образования горючей среды и профилактические мероприятия. Дифенильная смесь представляет собой горючую жидкость с температурой вспышки паров около 102°С и температурой самовоспламенения в пределах 500—550°С. Смесь горит коптящим пламенем. Теплотворная способность ее около 8000 ккал/кг.

Дифенильная смесь обладает достаточно большой термической стойкостью. Термическое разложение ее начинается при температуре около 385—400°С.

При разложении дифенильной смеси образуются газообразные продукты (водород, кислород, углекислый газ, окись углерода), жидкости (главным образом кислотные фракции) и небольшое количество углерода.

Дифенильная смесь имеет высокую температуру кристаллизации: уже при +12°С она превращается в твердое вещество. Составляющие даутерма имеют еще более высокую температуру застывания. Так, температура застывания дифенила равна +69°С, а дифенилоксида +27°С. Застывание смеси сопровождается уменьшением ее объема. Удельный вес жидкого ВОТ весьма близок к удельному весу воды (1060 кг/м³ при 20°С). Пары ВОТ примерно в пять раз тяжелее воздуха. В воде они

не растворяются. При испарении в процессе длительной работы состав дифенильной смеси не изменяется, так как концентрация паровой фазы для азеотропных растворов, к которым относится дифенильная смесь, всегда равна концентрации жидкости. Следовательно, пожароопасные свойства смеси со временем тоже не изменяются.

При нормальной циркуляции ВОТ в системе не могут возникнуть большие давления, так как упругость паров смеси не большая.

Дифенильная смесь обладает значительно меньшей упругостью пара, чем вода. Это видно из табл. 6.

Таблица 6

Давление паров воды и даутерма в зависимости от температуры

Показатели	Температура в °С			
	200	300	350	400
Давление паров воды в <i>ата</i>	15,9	87,6	168,6	—
Давление паров дау- терма в <i>ата</i>	0,25	2,4	5,3	10,6

По сравнению с другими органическими жидкостями дифенильная смесь обладает значительно большей диффузионной способностью.

При обогреве жидким и парообразным даутермом могут возникать повреждения системы при образовании пробок в линии, а также может происходить утечка даутерма через неплотности и через прокладочные и набивочные материалы.

Пробки в линиях образуются по следующим причинам.

При временной остановке системы без опорожнения трубопроводов от жидкости или с неполным опорожнением в трубопроводах остается дифенильная смесь. Низкая температура окружающей среды (особенно зимой или осенью) может привести к снижению температуры в трубах до 12°С, что неизбежно вызывает кристаллизацию ВОТ, т. е. в линии образуются пробки.

Застывание ВОТ само по себе не приводит к повреждению труб, так как при застывании он уменьшается в объеме, но наличие пробок прекращает циркуляцию жидкости по трубам при последующем пуске установки. Неподвижный теплоноситель создает благоприятные условия для перегрева дифенильной смеси в котле и ее разложения. Разложение сопровождается выделением значительного количества газообразных и твердых продуктов. Газообразные продукты резко повышают давление в системе, а твердые продукты, отлагаясь на теплообменной поверхности печи, вызывают быстрый перегрев стенок. Все эти явle-

вия в совокупности приводят к прогару труб. Такие случаи отмечены на практике.

На одном заводе была смонтирована установка, работающая на жидкой дифенильной смеси. Установка успешно прошла пробное испытание и ее готовили для сдачи в эксплуатацию. Был назначен срок приемки установки межведомственной комиссией. Накануне назначенного срока установку еще раз проверили, но по окончании работы жидкость не спустили из системы.

Снижение температуры воздуха ночью привело к охлаждению трубопроводов и к застыванию в них дифенильной смеси. Попытка на следующий день пустить установку (при отсутствии циркуляции в линии) привела к прогару труб печи, разливу теплоносителя в печь и возникновению пожара.

Во избежание образования пробок в трубопроводах необходимо обеспечивать условия для полного спуска жидкости из системы. Для этого все трубопроводы должны иметь уклон в сторону сборника 7 (см. рис. 29) и не должны иметь «мешков». Там, где невозможно осуществить необходимый уклон и имеется вероятность скопления жидкости, нужно устраивать спускные пробки.

При пуске установки строго следят за циркуляцией теплоносителя в системе, за температурными режимами печи и теплообменных аппаратов. Несоблюдение температурного режима печи и снижение скорости циркуляции могут привести к перегреву пограничных слоев выше 400°C , т. е. к их разложению.

Печи для нагревания ВОТ снабжают приборами-автоматами для регулирования пламени при изменении температуры или давления в системе, а также приборами для автоматического выключения горелок при понижении уровня жидкости в барабане паросборника ниже допустимого предела.

Нормальная циркуляция дифенильной смеси в системе нарушается при наличии в трубопроводах воздуха и других газообразных продуктов. Для полного удаления воздуха и газов в момент пуска установки предусмотрено отсасывающее приспособление в виде пароструйного эжектора 12.

Дифенильная смесь не действует химически на сталь, чугун, медь, латунь, бронзу, никель и другие металлы. В вырезанной трубе опытной установки не было обнаружено следов коррозии, поверхность имела вороненый вид. Следовательно, трубопроводы могут быть выполнены из обычной стали.

Наиболее уязвимыми местами трубопроводов и аппаратуры являются фланцевые и сальниковые соединения.

Обладая большой диффузионной способностью, ВОТ легко пропитывает обычные мягкие прокладочные и сальниковые материалы (например, паранит, асбест) и почти безпрепятственно выходит в производственное помещение. Во избежание этого соединения труб делают сварными. В тех монтажных узлах, где наличие фланцевых соединений неизбежно, применяют металлические прокладки (например, из мягкой стали, меди, но не из свинца). Устройства обычных сальниковых соединений нужно избегать. Поэтому обычные вентили заменяют сильфонными

бессальниковыми вентилями (рис. 30) или вентилями с усиленными металлическими сальниками. Вентиль, у которого вместо сальника имеется сильфон, т. е. тонкая гофрированная латунная трубка 3, обеспечивает полную герметичность шпинделя 4.

Перед пуском установку подвергают гидравлическому испытанию на пробное давление, в два раза превышающее рабочее. Для обнаружения незначительных неплотностей систему заполняют аммиаком под давлением 0,7—1 атм и опрессовывают сжатым воздухом при половинном рабочем давлении. Плотность швов и соединений проверяют, поднося к ним тряпку, пропитанную слабым раствором соляной кислоты (в местах утечки аммиака образуется белое облачко хлористого аммония) или фенолфталеином.

В процессе эксплуатации установки утечку ВОТ можно легко обнаружить благодаря его резкому запаху.

Трубопроводы системы должны иметь температурные компенсаторы и теплоизоляцию.

Установку снабжают приспособлением для аварийного слива теплоносителя из системы. В качестве аварийной емкости можно использовать сборник 7 или 9 (см. рис. 29), который в этом случае выносят из производственного помещения или

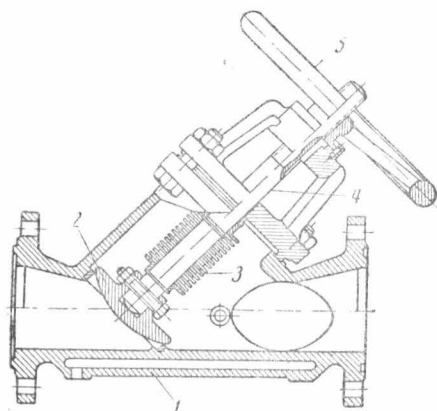


Рис. 30. Сильфонный вентиль:
1 — корпус с рубашкой; 2 — клапан; 3 — сильфон; 4 — шпиндель; 5 — маховик.

отделяют брандмауером. Печь для нагревания дифенильной смеси выносят из производственного помещения.

Помещения, где расположены нагревательные печи, по степени пожарной опасности относятся к категории Г, а помещения, где установлены подогреватели, — к категории Б, если в них не нагреваются вещества более опасные, чем дифенильная смесь.

ОБОГРЕВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Электрообогрев с каждым годом приобретает все более важное промышленное значение. Этот способ является наиболее универсальным и дает возможность достигать любых рабочих температур, обеспечивая необходимую плавность нагревания.

Обогрев электрическим током во многих отраслях промышленности и сельском хозяйстве заменяет огневые печи и другие теплоносители. Он широко применяется при производстве высококачественных сталей и цветных металлов, в химической промышленности (для нагревания реагирующих между собой жид-

костей или газов), при спекании веществ, при необходимости повышения температуры жидкостей до заданной величины или снижения их вязкости.

Способы превращения электрической энергии в тепловую весьма разнообразны. В промышленности широко используются:

а) дуговые печи — в которых электрическая энергия переходит в тепловую при разряде электрического тока, имеющего вид горячей дуги;

б) печи сопротивления прямого действия — в которых электрическая энергия превращается в тепловую непосредственно в самом нагреваемом теле;

в) печи сопротивления косвенного действия — в которых электрическая энергия превращается в тепловую в специальных проводниках и передается нагреваемому телу теплопроводностью, конвекцией и лучеиспусканием;

г) индукционные печи — в которых нагревание происходит за счет индукционных токов, образующихся в теле от переменного магнитного поля.

Применение электрического тока в промышленности для обогрева началось после того, как русский ученый А. Н. Лавдыгин сконструировал (в 1913 г.) первую в мире электродуговую печь. Большую работу в области конструирования и внедрения высокочастотных печей провели советские ученые под руководством академика В. П. Вологодина.

Для нагревания горючих жидкостей чаще всего используются проводники сопротивления косвенного действия в виде печей, котлов, ванн, а также электронагревательных элементов различной формы, непосредственно опускаемых в обогреваемую жидкость.

Эпизодический подогрев жидкостей, например при сливе вязких жидкостей из железнодорожных цистерн и других резервуаров, производят переносными электрогрелками (рис. 31). По

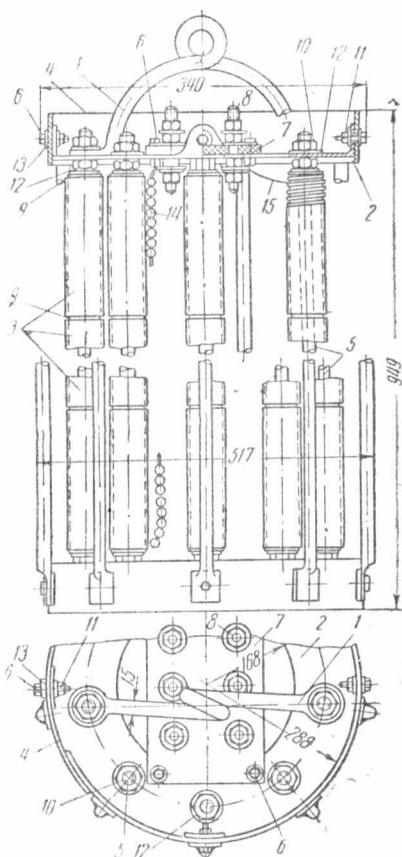


Рис. 31. Переносная электрогрелка:

1 — ручка для подвески подогревателя; 2 — стальной диск; 3 — фарфоровые ролики; 4 — кожух; 5 — шпильки; 6 — крепежные болты; 7 — фибровый щиток; 8 — клеммы; 9, 12 и 13 — шайбы; 10, 11 — гайки; 14 — стеклянные или фарфоровые бусы; 15 — греющий проводник.

сравнению с паровыми грелками электрогрелки позволяют сократить время простоя цистерн. Количество электрогрелок зависит от емкости цистерн. При емкости 50 м³ рекомендуется применять четыре грелки, при емкости 25—30 м³ — три грелки, при емкости 15 м³ — две грелки.

Питание к грелкам подводится переносными электролиниями. Так как грелки довольно тяжелы, опускание и подъем их следует механизировать.

При нагревании горючих жидкостей печами сопротивления и отдельными нагревательными элементами возможно воспламенение жидкостей, электроизоляционных материалов или находящихся рядом горючих веществ вследствие различных неисправностей и нарушений режима нормального обогрева*.

Наиболее часто пожары вызываются следующими причинами:

соприкосновением горючей жидкости с раскаленной спиралью проводника при неполном погружении нагревательных элементов в жидкость (грелки) или при повреждениях корпуса аппаратов и труб (печи, трубчатые нагреватели);

образованием электрических дуг или сильного искрения (короткие замыкания при повреждениях изоляции токопроводящих линий или касании оголенных проводов). В этом случае в месте повреждения и во всей линии выделяется количество тепла, достаточное для воспламенения электроизоляционных материалов, а также соприкасающихся с электролинией других горючих веществ;

образованием электрических дуг, искр или сильного перегрева при замыканиях на землю по указанным выше причинам;

местным перегревом, возникающим при наличии больших переходных сопротивлений от плохих контактов (скрутка без пайки, плохие зажимы) или при наличии на линии участков с диаметрами проводов значительно меньше расчетного. В этом случае выделяющееся тепло раскаляет контакты и проводник;

перегрузкой сети при включении более мощных приборов или при подаче более высокого напряжения. Отсутствие измерительных приборов и автоматических предохранителей может способствовать загоранию электроизоляции проводов;

нарушением режима работы со стороны обслуживающего персонала, например, погружением и выниманием электрогрелок под тском, включением системы обогрева печей или трубчатых элементов при отсутствии нагреваемой жидкости и т. п.

В качестве примера можно указать на следующий пожар.

На одном из заводов при сливе из цистерны нигрола марки Л с температурой застывания —2° С применяли электрогрелку собственного изготовления, очень сходную с показанной на рис. 31. Слив производили при температуре внешней среды +5° С.

* Подробно этот вопрос освещен в книге Н. В. Никулина и А. С. Рогозина «Пожарная профилактика в электротехнических установках». Изд. МКХ РСФСР, 1954.

Вскоре после погружения электрогрелки рабочие открыли спускную линию и начали готовиться к сливу следующих цистерн. После того, как нигрол достаточно прогрелся, скорость его истечения увеличилась и уровень в цистерне стал быстро снижаться. Спираль электрогрелки обнажилась и вследствие этого произошло воспламенение жидкости.

Выбивающееся через люк цистерны пламя распространилось на деревянную эстакаду.

Во избежание возникновения пожаров все печи, электрогрелки и коммуникации должны находиться в полном соответствии с «Правилами устройства электротехнических установок». Для обогрева следует применять только те типы и марки электроподогревателей, которые приняты для данной установки. Систему электрообогрева необходимо оборудовать электроизмерительными приборами и автоматическими предохранителями. Провода, предохранители, пускатели должны быть постоянно в исправности. Исправность системы нужно проверять перед каждым включением ее в работу, а исправность электрогрелок — перед каждым погружением их в цистерну.

Переносные электрические линии для электрогрелок должны быть гибкими, находиться в резиновых шлангах. Шланги необходимо беречь от истирания и от различного рода динамических воздействий. В нерабочие моменты грелки следует держать в закрытых шкафах. Аппараты, в которых производится электрообогрев, нужно заземлять. За состоянием заземления необходимо наблюдать так же, как за состоянием изоляции.

Нельзя допускать наличия временных мест соединения проводников, слабых контактов и т. п., а также перегрузки приборов сверх установленной мощности. Перед включением тока следует проверить, имеется ли в аппарате жидкость. Электрогрелки перед пуском тока нужно полностью погружать в жидкость, чтобы слой жидкости над грелкой был не менее 5—10 см.

Слив нагретых жидкостей из аппаратов периодического действия (в том числе из цистерн с вязкими продуктами) можно производить только после выключения системы обогрева.

Аппараты с электрообогревом обычно обслуживаются хорошо инструктированными работниками.

Производственные помещения и площадки снабжаются первичными средствами пожаротушения согласно нормам ГУПО. При ликвидации загораний и пожаров линии необходимо обязательно обесточивать.

Г л а в а IV

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКИХ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Очень часто получаемые или добываемые жидкости не являются чистыми и однородными.

Так, при производстве растительных масел получается смесь масла с белковыми веществами семян; при очистке различных

нефтепродуктов (главным образом, масел) в жидкости остаются примеси отбеливающих твердых частиц; при растворении твердых веществ в горючих жидкостях (ацетилцеллюлозы в ацетоне, нитроклетчатки в спирто-эфирной смеси, каучука в бензине и др.) некоторое количество частиц остается нерастворенным; при производстве анилиновых красителей и различных солей получается смесь твердых частичек с маточным рассолом; нефть, нефтепродукты, различные смолы и масла часто содержат в своем составе воду.

Такие неоднородные смеси приходится разделять на составные части. Процессы разделения неоднородных систем по своей идее весьма просты, но аппараты очень разнообразны и некоторые из них имеют специфическую пожарную опасность.

Все неоднородные жидкие системы можно классифицировать следующим образом:

1) механические смеси, состоящие из жидкой среды и взвешенных в ней твердых частиц (жидкость + твердое тело). Такие системы называются суспензиями. По степени дробленности твердой фазы они разделяются на грубые суспензии (размеры частиц более 100 микрон), тонкие суспензии (размеры частиц от 100 до 0,5 микрон) и коллоидные растворы (размеры частиц от 100 миллимикрон и меньше);

2) механические смеси, состоящие из жидкой среды и взвешенных в ней других жидких частиц (жидкость + жидкость). Такие системы называются эмульсиями. Эмульсии бывают устойчивыми и неустойчивыми. Устойчивые эмульсии, т. е. эмульсии, не расслаивающиеся при длительном покое, имеют частицы от 0,5 микрон и меньше;

3) механические смеси, состоящие из жидкости и взвешенных в ней частиц газов (жидкость + газ). Такие системы называются пенами.

Для разделения суспензий и эмульсий применяются методы отстаивания, фильтрации и центрифугирования.

ОТСТАИВАНИЕ

Суспензии и эмульсии с крупными взвешенными частицами способны к разделению фаз под действием сил тяжести. Аппараты, применяемые для разделения фаз методом отстаивания, называются отстойниками. Процесс отстаивания можно вести в аппаратах периодического и непрерывного действия.

В отстойниках периодического действия суспензию или эмульсию заливают в резервуар, в котором она остается в состоянии покоя до полного осаждения частиц.

Пожарная опасность этих отстойников — такая же, как всех резервуаров с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями.

В отстойниках непрерывного действия суспензия или эмульсия с небольшой скоростью протекает через резервуар, причем

частицы более тяжелой фазы успевают осесть, прежде чем жидкость выйдет из резервуара.

Такие аппараты применяются при сульфировании и нитровании бензола, при производстве спиртов и эфиров, при отделении бензинов и лигроинов от воды и во многих других процессах.

Отстойники непрерывного действия (рис. 32) представляют собой стальной цилиндрический резервуар 1, снабженный крыш-кой, днищем и сифонной трубой 2.

Эмульсия поступает в отстойник по трубе 3. По мере протекания эмульсии внутри отстойника легкая жидкость отделяется от тяжелой и отводится через верхний штуцер 4. Тяжелая жидкость вытекает из отстойника через сифонную трубу 2. Изменяя высоту сифонной трубы, можно уменьшать или увеличивать время отстаивания.

Очень часто отстойники разделяют водные эмульсии легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (продуктов). Вода при этом спускается в канализацию. При плохой регулировке отвода продукта или при увеличении количества эмульсии часть продукта может вместе с водой поступать в канализацию, где она скапливается и иногда образует взрывоопасные концентрации.

Чтобы продукт из водоотделителя не попадал вместе с водой в канализацию, высоту колена сифонной трубы 2 необходимо регулировать в соответствии с изменением состава эмульсии. В верхней части сифонной трубы устраивают воздушник 5, чтобы загнутая вниз труба не подсасывала воду и продукт в канализацию, если подача эмульсии в аппарат прекратилась. Паровое пространство аппарата сообщается с атмосферой при помощи трубы 6, выходящей за пределы цеха и защищенной сеткой. В остальном к водоотделителям предъявляются такие же требования, как ко всем емкостям с горючими жидкостями.

К непрерывно действующим отстойникам относятся также ловушки, устанавливаемые на канализационных линиях по выходе их из цехов. Они служат для улавливания нерастворимых в воде жидкостей, попадающих в сточные воды. В производствах, где применяются бензин, бензол, керосин и др., всегда возможно попадание их в канализацию либо в результате смыва излившегося на пол продукта, либо вследствие повреждений аппаратуры. Это часто наблюдается на заводах резино-технических изделий, на бензоэкстракционных заводах, в малярных це-

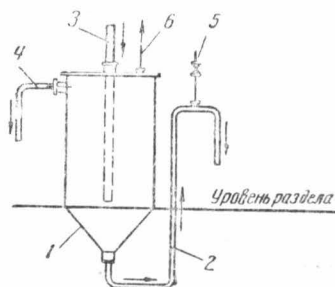


Рис. 32. Схема отстойника непрерывного действия:

1 — резервуар (корпус); 2 — сифонная труба; 3 — подводящая труба; 4 — отводящая труба (штуцер); 5 — прерыватель сифонный (воздушник); 6 — труба для отвода газов и паров.

хах, в промывочных отделениях МТМ, в автогаражах, на складах ЛВЖ, в раздаточных отделениях и т. д.

Попадание растворителей в канализацию приводит к образованию там взрывоопасных концентраций и может вызвать взрыв. Воспламенение горючей смеси происходит чаще всего при производстве ремонтных работ в канализационной сети, при электросварке и других работах, связанных с применением открытого огня в непосредственной близости от канализационных колодцев.

Например, на одном из заводов резино-технических изделий работницы, нарушая правила пожарной безопасности, сливали в производственную канализацию цеха загрязненный растворитель — бензин. По выходе системы канализации из цеха растворитель не улавливался. Сливаемый в канализацию бензин беспрепятственно распространялся по всей системе, образуя в колодцах и незаполненных сечениях труб взрывоопасные концентрации. Во дворе завода, рядом с канализационным люком, производился ремонт станочного оборудования с применением электросварки. От искры расплавленного металла, попавшей в канализационный люк, произошел взрыв, причинивший значительные разрушения.

Для того чтобы избежать подобных случаев необходимо легковоспламеняющиеся и горючие жидкости улавливать ловушками, не допуская распространения их по канализационной системе.

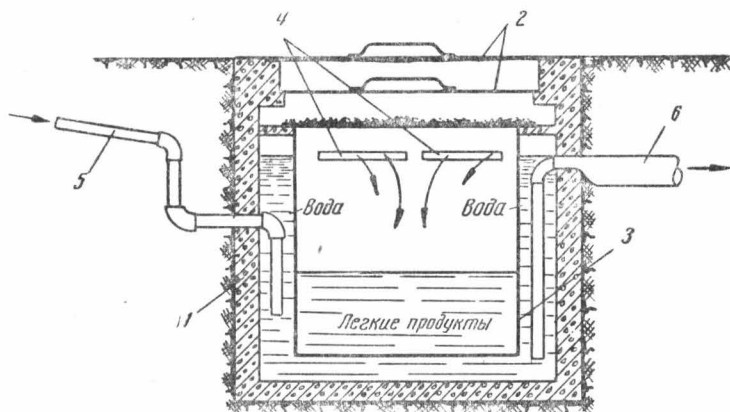


Рис. 33. Ловушка для легких продуктов:

1 — корпус колодца; 2 — крышки; 3 — металлический стакан; 4 — щелевидные отверстия; 5 — труба из цеха; 6 — канализационная труба.

Ловушка, показанная на рис. 33, представляет собой подземный бетонный колодец 1, закрытый двойными крышками 2. Внутри колодца подвешен металлический стакан 3 со щелевидными отверстиями 4 в верхней части. Эмульсия, поступающая по трубе 5 в кольцевое пространство между стенкой и стаканом, расслаивается за счет снижения скорости движения. Легкая горючая жидкость переливается через щели внутрь стакана, а более тяжелая жидкость поступает через трубу 6 в канализацион-

ную линию. Стакан периодически очищают от скопившихся продуктов.

Аналогичная ловушка показана на рис. 34. Такие ловушки находят широкое применение для улавливания масел, жиров и других продуктов.

Во избежание распространения огня из производственного здания в канализацию и обратно ловушки должны выполнять роль гидравлических огнепреградителей. Для образования гид-

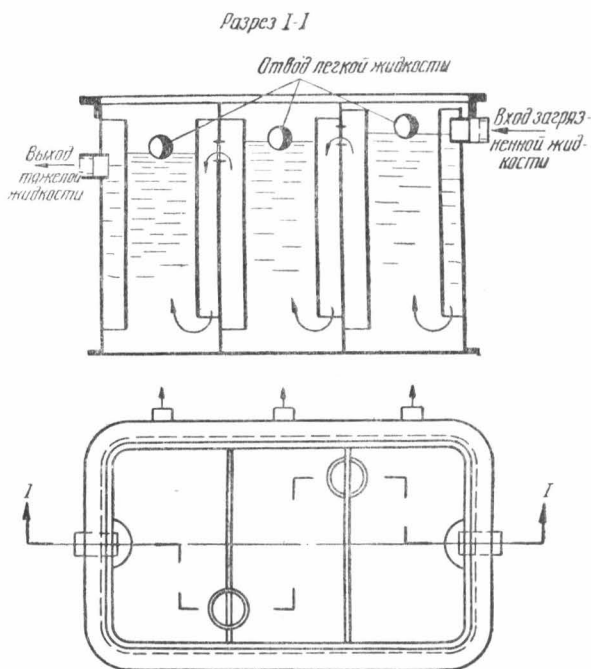


Рис. 34. Ловушка для улавливания горючих жидкостей из сточных цеховых вод.

равлического затвора в слой жидкости опускают подводящую или отводящую трубу. Величина гидравлического затвора должна быть не менее 25 см.

Ловушки устанавливают на расстоянии около 5 м от стен производственных зданий при наличии в них проемов и на расстоянии не менее 1 м от глухих стен. Необходимо следить за сроками очистки ловушек, а также опорожнять их после аварий и значительных утечек в цехе.

Для улавливания нефтепродуктов из сточных вод нефтеперерабатывающих заводов, промыслов и нефтебаз служат специальные нефтеловушки.

ФИЛЬТРАЦИЯ

Фильтрацией называется процесс отделения твердых частиц от жидкости при пропускании суспензии через пористую перегородку. Этот метод применяют в тех случаях, когда взвешенные частицы плохо оседают. Фильтрующими материалами обычно служат сетки, ткани и фильтровальные плитки. Эти материалы при фильтрации образуют как бы основу, которая кладет начало образованию так называемого фильтрующего слоя из осадка суспензии. В процессе фильтрации слой осадка становится более толстым и плотным. Прохождение жидкости через поры затрудняется. Тогда фильтр останавливают и фильтрующую

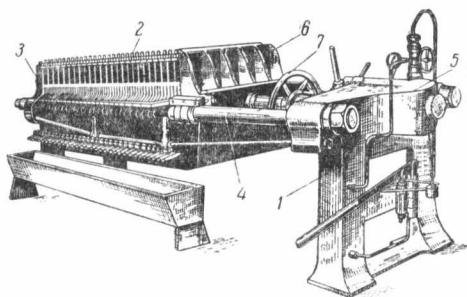


Рис. 35. Рамный фильтр-пресс:

1 — станина; 2 — рамы и плиты съемные; 3 — неподвижная плита; 4 — стержни; 5 — головка фильтра; 6 — подвижная плита; 7 — нарезной вал с гайкой.

ткань очищают от накопившегося в ее порах осадка. Движущий напор, необходимый для проталкивания жидкости через фильтрующий слой, создается за счет давления слоя самой жидкости (простые фильтры), за счет насосов (фильтр-прессы, патронные фильтры и др.) или за счет вакуума (вакуумфильтры).

Для разделения легко воспламеняющихся и горючих суспензий наиболее часто применяются

фильтр-прессы. Они представляют собой аппараты периодического действия с тканевой перегородкой. При наличии большой поверхности фильтрации в фильтр-прессах можно создать большое давление.

Фильтр-прессы появились в конце XIX века и нашли широкое распространение в анилино-красочной промышленности, при очистке растительных масел, животных жиров, прядильных растворов ацетатного и вязкого шелка, раствора киноплёнки, минеральных масел и во многих других производствах. Различают два основных типа фильтр-прессов: рамные и камерные.

Рамный фильтр-пресс (рис. 35) состоит из остова или станины 1, чередующихся между собой прямоугольных рам и плит 2, между которыми зажимается фильтрующая ткань.

Остов фильтр-пресса чугунный. Он состоит из неподвижной плиты 3, двух стержней 4 и головки 5. На стержни подвешена подвижная плита 6. Передвижение подвижной плиты при помощи нарезного вала 7 с гайкой, а следовательно, сжатие всех рам и плит может производиться вручную или посредством гидравлического привода.

Устройство рам и плит видно из рис. 36. В верхней части плит 1 и рам 3 имеются совпадающие по оси отверстия 5, ко-

которые создают общий канал, позволяющий подавать фильтруемую суспензию в каждую раму. Проходя через фильтрующую ткань 4, жидкость по желобам плит стекает вниз. В нижней части плит имеются отверстия для отвода фильтрата наружу. Осадок остается на фильтрующей материи внутри рам.

Разгрузка фильтра сопровождается разборкой рам и плит, их чисткой и промывкой.

Фильтры изготовляются разных размеров и из разного материала в зависимости от свойств фильтруемых суспензий. Рабочее давление колеблется от 3 до 6 атм.

Как видно из конструктивного устройства фильтр-прессов, они не обеспечивают полной изоляции фильтруемых продуктов от окружающего воздуха производственного помещения. Вслед-

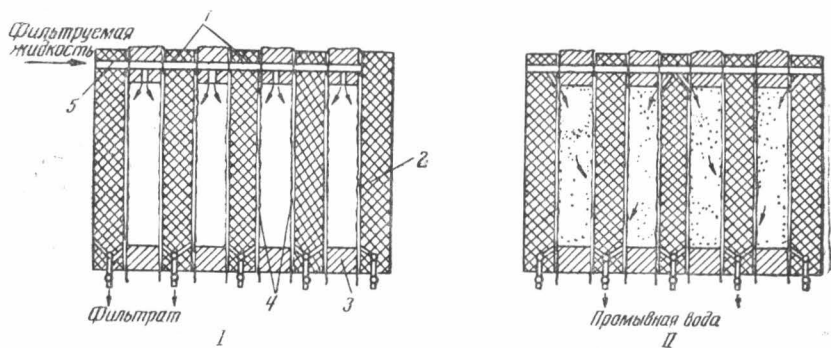


Рис. 36. Схема работы рамного фильтр-пресса:

I — стадия фильтрации; II — стадия промывки; 1 — плиты; 2 — задняя плита; 3 — рамы; 4 — фильтрующие ткани (салфетки); 5 — отверстия (канал).

ствие большого количества рам и плит, обтянутых фильтрующим материалом, и необходимости полной разборки фильтр-пресса при его разгрузке от осадка неизбежны утечки обрабатываемых суспензий.

В процессе фильтрации легковоспламеняющихся суспензий, например, растворов ацетилцеллюлозы в ацетоне при производстве шелка, нитроклетчатки в спирто-эфирной смеси при осветлении лаков и т. п., даже при нормальном сжатии рам и плит выделяется определенное количество паров растворителей, не говоря уже о моментах разгрузки или повреждения фильтр-пресса.

Даже фильтрация более вязких суспензий — масел и жиров — при недостаточно плотном сжатии рам и плит сопровождается утечками фильтрата в производственное помещение.

Неплотное прижатие рам и плит может быть вызвано недостаточным зажимным усилием, попаданием между рамами и плитами твердых частиц суспензии или повреждением отдельных участков фильтрующей ткани.

Появление неплотностей и повреждение фильтрующей ткани ускоряются при подаче суспензии с повышенным или пульсиру-

ющим давлением, а также при использовании ткани плохого качества и малых размеров.

Ручная неосторожная разгрузка рам загрязняет производственное помещение осадком и фильтратом, а при фильтрации легковоспламеняющихся суспензий при этом выделяется значительное количество паров. Осадок и фильтрат загрязняют помещение, пропитывают строительные конструкции и создают благоприятные пути для быстрого распространения огня, а пары ЛВЖ образуют взрывоопасные смеси с воздухом.

Масла обычно фильтруют в подогретом до 70—90° С состоянии, а жиры — в расплавленном состоянии, но температура их подогрева значительно ниже температуры вспышки.

Как известно, непереленные масла и животные жиры способны к окислению на воздухе с выделением некоторого количества тепла. Следовательно, небрежное хранение в цехе обрезков промасленной фильтрующей ткани, тряпок и даже рыхлых осадков при определенных условиях может привести к их самовозгоранию. Чаще всего самовозгоранию подвержена сложенная в кучи фильтрующая ткань, ожидающая регенерации.

Регенерацию промасленной фильтрующей ткани (удаление твердых частичек, масла и жира) производят путем ее кипячения и последующей сушки. В случае неполного удаления масла или жира из ткани при регенерации возможно ее самовозгорание в процессе сушки. Пожары в сушилках — относительно частое явление.

Для уменьшения утечки фильтруемой жидкости необходимо при сборке фильтр-пресса следить за тем, чтобы отверстия рам и плит приходились точно друг против друга. Фильтрующую ткань надо применять такого размера, чтобы она покрывала обе стороны плиты с напусками по бокам и снизу. Большое значение имеет качество фильтрующего материала. На нем не должно быть повреждений, он должен обладать хорошей механической прочностью и быть устойчивым к фильтруемой суспензии. Чаще всего для фильтрации употребляются ткани из хлопка или шерсти (грубошерстные сукна, бязь и др.). В последнее время в качестве фильтрующего материала применяются ткани из искусственных волокон и стеклянная ткань.

Для достижения необходимого сжатия рам и плит штурвал следует вращать до отказа. При гидравлическом приводе сила сжатия должна быть не менее установленной для соответствующего рабочего давления суспензии.

При пуске суспензии в фильтр-пресс после его перезарядки материальный кран надо открывать постепенно, в три или четыре приема, чтобы плавно выровнять давление. Подачу суспензии в фильтр-пресс рекомендуется вести сжатым воздухом или центробежными насосами. Величину рабочего давления контролируют по показанию манометра. Открытый отвод фильтрата допускается только при фильтрации горючих жидкостей. При

фильтрации легковоспламеняющихся суспензий нужно применять фильтры с закрытым отводом фильтрата.

Фильтр-прессы, разделяющие легковоспламеняющиеся суспензии, необходимо оборудовать местными отсосами. Разгружать фильтр-прессы следует осторожно. Осадок надо загружать в бункер или в вагонетку, не засоряя при этом помещение, а отработанную ткань — в другую вагонетку. Ткань, особенно при фильтрации суспензий с легковоспламеняющимися жидкостями, необходимо как можно быстрее удалять из производственного помещения на регенерацию.

Плиты и рамы тщательно очищают скребками от приставшего к ним осадка.

После каждого цикла работы пресса следует обязательно убирать помещение. В помещении нельзя хранить обрезки тканей и тряпки. Скапливающуюся на строительных конструкциях промасленную пыль надо периодически убирать.

Регенерацию фильтрующей ткани ведут вне производственного помещения; при этом необходимо строго следить за соблюдением режима удаления масел и жиров из ткани и за режимом сушки.

Наряду с большими преимуществами фильтр-пресс обладает существенными недостатками. Из них наиболее важны: периодичность действия, отсутствие герметичности и большой расход фильтрующих материалов.

ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ

Разделение неоднородных жидких систем центрифугированием основано на действии центробежной силы, возникающей в быстро вращающемся барабане — центрифуге.

Центрифугирование применяется для разделения всех видов суспензий и эмульсий, в том числе легковоспламеняющихся и горючих. Центрифуги используются в лакокрасочной промышленности (очистка лаков от воды и примесей), при производстве камфоры из скипидара, в нефтяной промышленности (обессоливание и деэмульсация нефти, очистка масел), в пищевой промышленности (сепарация жиров, масел, вин), при производстве взрывчатых веществ (удаление воды спиртом), на силовых установках, электростанциях, металлообрабатывающих заводах (очистка, т. е. регенерация изоляционных и смазочных масел), в сельском хозяйстве для получения сливок из молока.

Необходимо отметить, что в России развитие центрифугальной техники имело самостоятельное направление. В 1889 г. И. Шениовский и Г. Пионтковский впервые предложили непрерывно действующую центрифугу для фугования сахарного утфеля. Позднее принцип этого аппарата был использован заграничными фирмами при проектировании центрифуг Карпентера. Советские ученые — проф. Н. Н. Давиденков, проф. Г. И. Покровский, В. И. Соколов и др. — создали научные основы центрифуг-

ных центрифуг.

Центрифуга (рис. 37) представляет собой барабан 1 с отверстиями или сплошной, насаженный на быстро вращающийся вертикальный или горизонтальный вал 2.

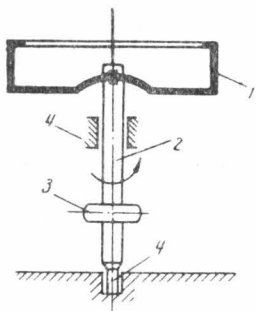


Рис. 37. Схема устройства центрифуги:

1 — барабан; 2 — вал; 3 — шкив привода; 4 — подшипники.

Центрифуги бывают периодического и непрерывного действия. По расположению вала различают центрифуги с вертикально стоячим, подвесным или горизонтальным валом; по расположению привода — с нижним или верхним трансмиссионным или индивидуально электро-моторным приводом. В зависимости от назначения центрифуги имеют различное число оборотов вала — от 400 (тихоходные) и до 40 тыс. в минуту.

Рассмотрим центрифугу периодического действия с нижним приводом (рис. 38).

Как и всякая центрифуга, она имеет следующие основные части: станину 1, барабан 2 с массивным днищем 3 и загрузочным отверстием 4, вал 5 с подшипниками 6, кожух 10, приводной механизм 8 или электродвигатель, пусковое приспособление, тормоз 9, приспособления для наполнения и разгрузки барабана.

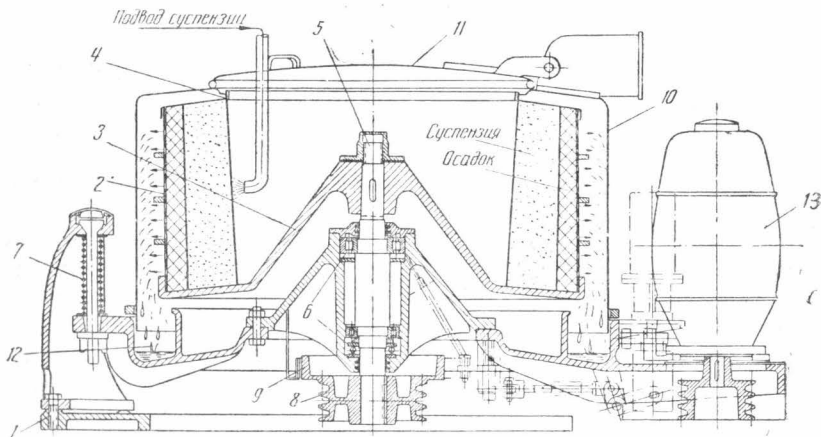


Рис. 38. Центрифуга периодического действия с нижним приводом:

1 — станина; 2 — барабан; 3 — днище; 4 — загрузочное отверстие; 5 — вал; 6 — подшипники; 7 — амортизационные пружины; 8 — шкив привода; 9 — шкив тормоза; 10 — кожуш; 11 — крышка; 12 — сливной желоб; 13 — электродвигатель.

Материал, подлежащий центрифугированию, поступает через верхнее отверстие барабана и центробежной силой отбрасывается к стенкам. Через отверстия барабана или через фильтрующую ткань отжатая жидкость выбрасывается в пространство

между барабаном и кожухом и по сливному желобу 12 стекает наружу. Оставшиеся в барабане твердые частицы удаляют вручную после остановки центрифуги. Разгрузку можно производить либо через верх барабана, либо через специальные отверстия в днище, которые при работе закрываются колпаком.

Центрифуги, предназначенные для разделения эмульсий, называются сепараторами. Они отличаются от обычных центрифуг большим числом оборотов барабана и меньшим его диаметром. Принципиальная схема сепаратора приведена на рис. 39.

Под влиянием центробежной силы происходит разделение фаз эмульсии в зависимости от их удельного веса. Наиболее тяжелая фаза собирается у стенки барабана, наиболее легкая — ближе к центру. Стенка барабана сплошная. К отделившимся слоям жидкости подведены трубопроводы, через которые непрерывно отбирается каждый слой отдельно.

Сепараторы широко применяются для осветления и очистки смазочных масел, лаков (масляных нитролаков и спиртовых), трансформаторного масла, а также для разделения молока. Быстроходные центрифуги дают возможность развивать центробежную силу, в сотни и тысячи раз превышающую силу тяжести обрабатываемого продукта.

Всякая действующая центрифуга при неисправностях и нарушении режима работы опасна как для обслуживающего персонала, так и для соседних аппаратов. Быстро вращающиеся части центрифуг испытывают при работе очень большие нагрузки от действия центробежных сил, возникающих и от собственных вращающихся масс и от массы обрабатываемого вещества. Аварии центрифуг, обрабатывающих даже непожароопасные смеси, могут привести к увечью рабочих и повреждению соседних аппаратов. Разрушение конструкции центрифуги и выброс обрабатываемого продукта мгновенно изменяют нагрузку привода и могут вызвать «разнос» электродвигателя.

Особенно опасны центрифуги, обрабатывающие суспензии, содержащие в своем составе легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. При нарушении целостности металлических частей центрифуги возможно не только образование горючих смесей в

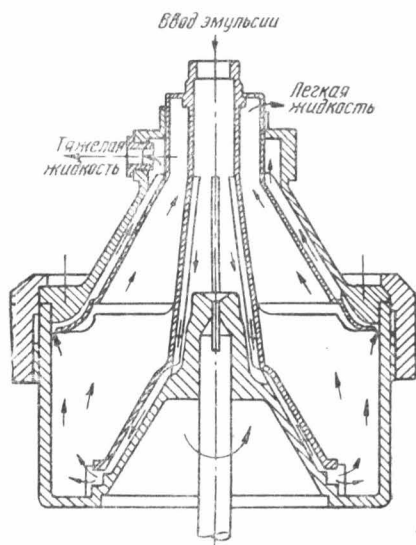


Рис. 39. Схема работы сепаратора.

производственном помещении, но и возникновение источников воспламенения от ударов разлетающихся металлических кусков друг о друга и о другие аппараты, т. е. возможны загорания продукта и взрыв паров. При обработке селитр или бертолетовой соли может воспламениться подсохший слой продукта, накопившийся на стенках аппарата и вблизи центрифуги.

В практике работы центрифуг наиболее часто встречаются случаи повреждения стенок барабана и вала. Разрыв стенок барабана вызывают следующие причины:

1. Разъедание стенок химическими продуктами.

2. Несоответствие рабочего числа оборотов вала центрифуги расчетному числу оборотов, при этом даже от нормальной загрузки могут возникнуть центробежные силы, намного превышающие допустимые; такое же явление наблюдается при резком повышении числа оборотов барабана в момент пуска и резком торможении во время остановки центрифуги.

Развивающуюся при центрифугировании центробежную силу F можно вычислить по формуле:

$$F = \frac{G r n^2}{900} \text{ кг,}$$

где: G — вес вращающейся массы центрифуги и нагрузки в кг;

r — радиус барабана в м;

n — число оборотов вала в минуту.

Из формулы видно, что центробежная сила прямо пропорциональна квадрату числа оборотов вала центрифуги. Отсюда ясно, почему превышение нормального числа оборотов центрифуги может привести к появлению больших внутренних напряжений в стенке барабана. При быстром пуске центрифуги и резком торможении возникают большие силы инерции, способные вызвать разрушающие напряжения.

3. Загрузка в барабан продукта в количестве больше допустимого по паспорту. Барабан центрифуги рассчитан на нормальную загрузку, т. е. на заполнение 0,5—0,6 внутреннего его объема. Если норму загрузки повышают или при том же объеме заполнения подвергают фугованию более тяжелую суспензию, то, как видно из приведенной выше формулы, центробежная сила возрастает и может достигнуть критического значения.

4. Неравномерная загрузка барабана продуктом (обычное явление при обработке вязких суспензий и эмульсий). При вращении барабана в этом случае возникает вибрация, барабан начинает сильно «бить», стенки его задевают за кожух и в результате происходит механическое повреждение барабана и кожуха.

Нередко наблюдаются аварии центрифуг из-за поломки или сильной деформации вала. Так как вал воспринимает все нагрузки от барабана, то причинами поломки или сильной деформации вала могут быть все перечисленные выше факторы, а также неправильное крепление вала в подшипниках, его сработанность, неравномерность вращения и перемена направления вращения.

Аварию центрифуги может вызвать перекоп или срабатывание подшипников при недостаточной их смазке. К серьезной аварии может привести неисправный тормоз. Основная задача тормоза — остановка центрифуги после окончания процесса фугования, а также при возникновении больших вибраций вала барабана. Неисправность ленточного тормоза или попадание на тормозной шкив смазочного масла делает невозможным быструю остановку центрифуги в нужный момент.

Попадание в барабан вместе с суспензией посторонних металлических или других тяжелых предметов также может вызвать аварию.

Утечка из центрифуг приводит к скоплению горючих веществ преимущественно в нижних горизонтах, т. е. там, где у центрифуг в большинстве случаев располагаются подшипники, привод и тормозные шкивы. Так как нижнее полускрытое расположение подшипников привода и тормозного устройства затрудняет наблюдение и уход за ними, они могут являться источниками воспламенения излившихся веществ. Они же могут вызвать воспламенение подсохшего слоя излившейся селитры и бертолетовой соли (при их фуговании), смешанных со смазочным маслом и с пылью.

Выбор типа центрифуги должен соответствовать химическим и пожароопасным свойствам обрабатываемых суспензий или эмульсий.

При обработке легковоспламеняющихся суспензий и эмульсий необходимо применять герметизированные центрифуги с взрывозащищенными или гидравлическими приводами.

Для разделения горючих суспензий и эмульсий, а также суспензий, содержащих селитры, бертолетову соль и другие подобные им вещества, целесообразно применять подвесные центрифуги (рис. 40), так как при этом достигается удобство разгрузки (меньшая степень загрязненности производственного по-

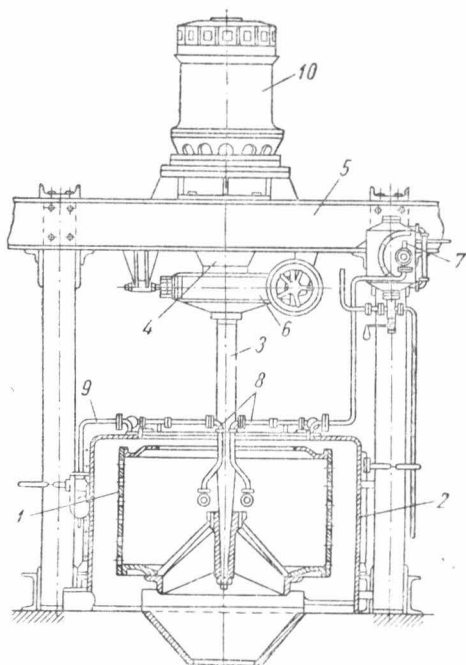


Рис. 40. Подвесная центрифуга:

1 — барабан; 2 — кожух; 3 — вал; 4 — стакан; 5 — каркас; 6 — тормоз; 7 — бачок для промывной воды; 8 — трубки для промывной воды; 9 — трубки для пара; 10 — электродвигатель.

мещения), двигатель и привод располагаются вверху (т. е. отделяются от вероятного места образования горючей среды), облегчается наблюдение за состоянием подшипников и тормозного приспособления (они открыты для всестороннего осмотра).

Принципиальное устройство подвесной центрифуги ничем не отличается от рассмотренной выше.

В современных центрифугах привод осуществляется главным образом индивидуальными электродвигателями. Передача от электродвигателя к валу центрифуги должна быть прямой. Применение ременной, даже клиновидной, передачи допускается лишь в виде исключения.

Очень большие нагрузки вал центрифуги воспринимает в момент пуска. Достаточно сказать, что пусковая мощность в 2—3,5 раза превышает мощность установившегося хода. Поэтому во избежание «рывков» привод следует осуществлять через фрикционную муфту сцепления.

Барабан и все вращающиеся части центрифуги должны гарантировать плавность вращения вала и барабана без излишних вибраций станины. При испытании центрифуги на это следует обращать серьезное внимание. Центрифугу монтируют на самостоятельном фундаменте. Станину центрифуги крепят к фундаменту на резиновых прокладках или на пружинных опорах, уменьшающих вибрационную нагрузку на фундамент и его болты.

Для разгрузки вала от больших напряжений в процессе работы необходимо обеспечить ему возможность «самобалансироваться», т. е. создать такие условия, чтобы, работая, он мог отклоняться от своей вертикальной геометрической оси. Для этого подшипники центрифуги должны быть подвижными (см. рис. 38).

Каждую центрифугу снабжают плотно закрывающейся крышкой для достижения необходимой герметичности, предупреждения возможности «выбросов» массы и разбрызгивания продукта, а также обеспечения безопасности обслуживания центрифуги.

Центрифуга должна иметь надежно действующий тормоз — ручной или автоматический, — защищенный от попадания на его рабочую поверхность смазочного масла из подшипников.

На кожухе центрифуги имеется клеймо завода-изготовителя с указанием максимально допустимого числа оборотов в минуту, максимально допускаемой нагрузки барабана, а также толщины его стенок и даты выпуска. Это позволяет проверять правильность режима работы центрифуги.

В процессе работы необходимо контролировать пределы скоростей вращения, нагрузку барабана (указанную в производственной инструкции), состояние подшипников и постоянство их смазки. Неисправность центрифуги можно обнаружить по характерному шуму и сильной вибрации.

В одном из взрывоопасных цехов постовой боец по ненормальному шуму обнаружил неисправную центрифугу. Осмотр показал перекос вала вследствие сработанности подшипника. Авария была предотвращена.

В процессе эксплуатации центрифуги подвергаются периодическим осмотрам. Не реже одного раза в год производится тщательный осмотр всех ходовых частей с проверкой степени износа материала барабана. Перед каждым включением в работу необходимо проверять надежность крепления барабана, легкость вращения вала в подшипниках, отсутствие посторонних предметов в барабане, исправность тормоза.

Разгон центрифуги следует производить медленно — не менее 1—2 мин. При неровном ходе и сильной вибрации дальнейший разгон прекращают. Останавливать центрифугу нужно также медленно, с подтормаживанием в течение 2—4 минут.

Г л а в а V

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ РАСТВОРОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В подавляющем большинстве случаев получаемые на производствах жидкости находятся в растворенном состоянии. Так, этиловый и метиловый спирты всегда бывают растворены в воде и в массе других высших спиртов, альдегидов и кетонов; бензол, толуол и ксилол, улавливаемые из коксового газа, бывают растворены друг в друге и во многих других жидкостях; всем известное сырье — нефть — представляет собой взаиморастворимую смесь бензиновой, лигроиновой, керосиновой, масляных фракций и многих других веществ и т. п.

Чтобы получить товарный продукт требуемой чистоты, необходимо разделить раствор на составляющие его части, т. е. на компоненты.

Наиболее совершенным и распространенным способом разделения растворов является ректификация. Этот способ имеет большое народнохозяйственное значение. Почти ни одна отрасль промышленности, связанная с обработкой и получением жидкостей, главным образом органических, не обходится без разделения растворов. Ректификация применяется при производстве этилового и метилового спиртов, кислот, эфиров, всех светлых и темных нефтепродуктов, ароматических углеводов, искусственного жидкого топлива, синтетического каучука, органического стекла и т. д.

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ

Ректификация представляет собой один из способов перегонки растворов. Все жидкости, составляющие раствор, обладают летучестью и, следовательно, при перегонке одновременно ис-

паряются в количествах, соответствующих их летучести или давлению паров.

Это свойство веществ, входящих в состав растворов, делает процесс их разделения весьма сложным.

Сущность процесса ректификации рассмотрим на примере разделения смеси двух взаимнорастворимых жидкостей. В таком растворе одна из жидкостей будет иметь более низкую температуру кипения, чем другая. Жидкость с более низкой температурой кипения обычно называется легкокипящей или низко-

кипящей, а жидкость с более высокой температурой кипения — высококипящей или труднокипящей.

Выделяющийся при испарении таких жидкостей пар по своему составу всегда отличается от жидкой фазы: он содержит больше легколетучего компонента. Следовательно, паровая фаза всегда обогащена легкокипящим компонентом по сравнению с жидкой фазой.

Температура кипения растворов меняется в зависимости от их состава. Это видно из графика, приведенного на рис. 41. На горизон-

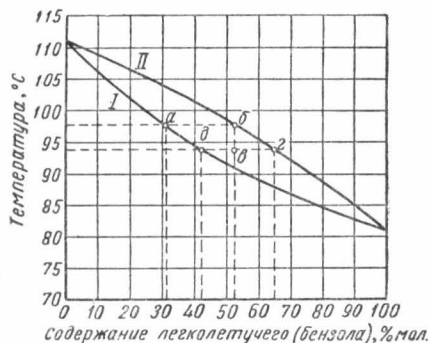


Рис. 41. Диаграмма изменения температуры кипения раствора от изменения концентрации жидкой фазы.

тальной оси графика отложено содержание в процентах (молекулярных) легкокипящего компонента раствора бензол — толуол, а на вертикальной оси — температура кипения раствора в °С.

На основе опытных или аналитических данных построена кривая изменения температуры кипения смеси бензол — толуол (I) в зависимости от концентрации жидкой фазы, а также кривая изменения концентрации паровой фазы (II), находящейся в каждый данный момент в состоянии равновесия с жидкой фазой.

Кривая I дает возможность найти температуру кипения раствора любой концентрации. Например, чтобы определить температуру кипения раствора, содержащего 32% бензола, нужно на кривой I найти точку *a*, абсцисса которой будет соответствовать 32% содержанию бензола. Ордината этой точки и есть температура кипения данного раствора, в нашем случае равная 98°С. Получающийся при этом пар будет состоять из бензола и толуола, но концентрация паровой фазы не будет равна концентрации жидкого раствора. Чтобы найти концентрацию паровой фазы в этот момент, необходимо из точки *a* провести горизонтальную линию до пересечения с кривой II. Абсцисса полученной точки *b* и есть концентрация бензола в паровой фазе, в нашем случае равная 52%.

Из приведенного примера наглядно видно обогащение паровой фазы легкокипящим компонентом по сравнению с жидкой фазой. В нашем примере концентрация бензола в жидкой фазе составляет 32%, а в паровой фазе — 52%.

Следовательно, частичное разделение растворов можно осуществить, отбирая образующиеся при их кипении пары и конденсируя их. Этот способ разделения растворов называется простой перегонкой. Он применяется при очень большой разности между температурами кипения компонентов.

Если получающийся при кипении раствора пар подвергать охлаждению, но не до полной конденсации его, то образуется двойная система: конденсат и несконденсировавшийся пар. Естественно, что при охлаждении паров более интенсивно будут конденсироваться пары высококипящей жидкости и менее интенсивно — пары легкокипящей жидкости. Следовательно, конденсат и пар, получающиеся в результате неполной конденсации паровой фазы, будут иметь разную концентрацию: пар будет обогащен легкокипящим компонентом, а конденсат — высококипящим компонентом. Это наглядно видно из графика (см. рис. 41).

Допустим, что паровую фазу, содержащую 52% бензола (точка б), подвергают охлаждению не до полной конденсации пара. Этому состоянию будет соответствовать какая-то точка *в* между кривыми. Проведя горизонтальную линию через точку *в*, получим точки *г* и *д*. Абсцисса точки *г* (на кривой *II*) покажет концентрацию легкокипящего компонента в несконденсировавшемся паре, а абсцисса точки *д* (на кривой *I*) — концентрацию легкокипящего компонента в конденсате. В нашем случае оставшийся пар будет содержать 65% бензола, а получившийся конденсат — 42% бензола. Паровая фаза при этом обогатилась бензолом, а жидкая фаза — толуолом. Следовательно, процесс неполной конденсации паровой фазы, так же как процесс испарения, направлен на обогащение пара легкокипящими компонентами.

Процесс неполной конденсации осуществляется в конденсаторах. Жидкость (конденсат), получающуюся в результате неполной конденсации пара, называют флегмой; конденсаторы, в которых происходит процесс неполной конденсации, — дефлегматорами, а разделение раствора с применением частичной конденсации паровой фазы, т. е. с отделением от него флегмы, — перегонкой с дефлегмацией пара.

Продолжая последовательно проводить процессы испарения и частичной конденсации, можно в конечном итоге получить разделенные друг от друга компоненты. Этот принцип и лежит в основе ректификации. В процессе испарения из жидкой смеси выделяется низкокипящий компонент с некоторой примесью высококипящего, а в процессе частичной конденсации из паров выделяется высококипящий компонент с некоторой примесью

низкокипящего; оба этих процесса, действуя одновременно, способствуют разделению смеси.

Процесс одновременного многократно повторного частичного испарения и конденсации паров, осуществляемый в одном аппарате, называется фракционированием или ректификацией. Аппараты, в которых происходит этот процесс, называются ректификационными колоннами.

Большой вклад в дело перегонки сложных смесей внесли отечественные ученые. Русский инженер Тавризов 6 декабря 1874 г. получил патент на перегонный аппарат непрерывного действия, представляющий собой зародышевую форму первой в мире тарельчатой ректификационной колонны. В развитии теории ректификационных процессов большая заслуга принадлежит проф. А. М. Трегубову, создавшему классический труд «Теория перегонки и ректификации». Проф. С. Н. Обрядчиков разработал методы расчета ректификационных колонн, а проф. Л. Г. Гурвич — теорию перегонки с применением водяного пара.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН И УСТАНОВОК

Ректификационные колонны устроены так, что движущаяся вверх по колонне струя пара соприкасается на тарелках со стекающей вниз флегмой. При этом поднимающиеся вверх пары

частично конденсируются и обогащаются легкокипящим компонентом. За счет теплоты конденсации флегма кипит, образуя пары, также обогащенные легкокипящим компонентом. Таким образом, пройдя всю колонну, паровая фаза освобождается от паров высококипящей жидкости, а жидкая фаза — от легкокипящей жидкости. Основная задача при устройстве ректификационных колонн заключается в том, чтобы достичь возможно более полного соприкосновения между паром и флегмой. В ректификационных уста-

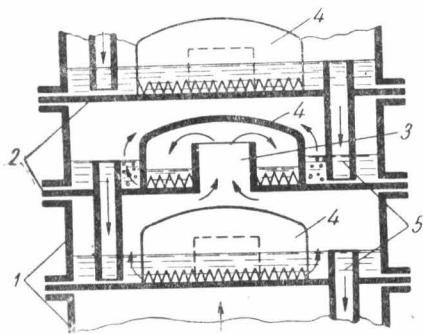


Рис. 42. Схема устройства тарелочной колпачковой ректификационной колонны:

1 — парги корпуса колонны; 2 — тарелки; 3 — патрубки; 4 — колпачки (условно один); 5 — переливные трубки.

новках применяются колпачковые и насадные колонны.

Колонны с колпачковыми тарелками. Наиболее широкое распространение в перегонной технике получили ректификационные колонны, снабженные колпачковыми тарелками (рис. 42). Корпус колонны представляет собой высокий вертикальный ме-

таллический цилиндр, состоящий из отдельных ярусов или царг 1. Внутренняя часть колонны разделена горизонтальными тарелками 2. Каждая тарелка имеет несколько отверстий с высокими патрубками 3, прикрытыми колпачками 4. Нижние края колпачков погружены в жидкость и имеют зубцы или узкие вертикальные щели. Для стока с тарелки на тарелку поступающей сверху флегмы служат переливные трубки 5.

Паровая фаза, двигаясь вверх, пробулькивает (барботирует) сквозь слей жидкости на каждой тарелке. Проходя сквозь слой жидкости (толщиной от 25 до 50 мм), пар взаимодействует с ней, забирая у флегмы более летучую составную часть и отдавая ей менее летучую часть.

Существует значительное количество колпачковых тарелок, которые отличаются друг от друга формой и расположением колпачков, материалом, а также формой и расположением сливных отверстий. По форме колпачки бывают круглые, шестигранные, четырехгранные и прямоугольные. В зависимости от свойств перегоняемой жидкости колпачки могут изготавливаться из меди, углеродистой и нержавеющей стали или чугуна.

Основной особенностью ректификационных колонн с колпачковыми тарелками является трудность их опорожнения от флегмы, находящейся на каждой тарелке, что бывает необходимо в случае аварии или возникновения пожара.

Колонны с насадкой. Широкое применение имеют ректификационные колонны с наполнением (рис. 43) или, как их называют, колонны с насадкой. Корпус колонны представляет собой высокий вертикальный цилиндр 1, на полках 2 которого в беспорядке разбросан какой-либо инертный материал (насадка) 3. В качестве наполняющих материа-

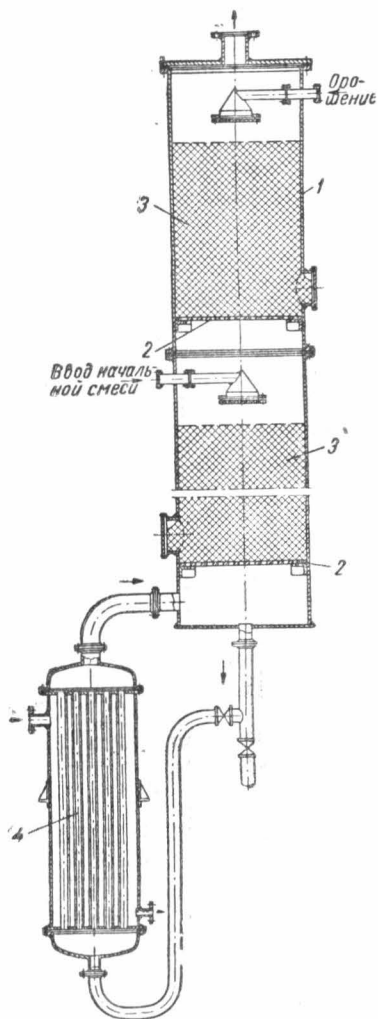


Рис. 43. Колонна с кольцевой насадкой:

1 — корпус; 2 — полки или днища;
3 — насадки; 4 — выносной кипятильник.

лов или насадок применяют кварц, кокс, куски битого стекла, стеклянные шарики, фарфор, куски железа, но чаще всего — полые цилиндрики с равными диаметром и высотой (кольца). Их изготавливают из стали, меди, керамики или фарфора. Наиболее употребительный размер колец — 50 мм. Благодаря своим размерам и форме насадка образует вполне однообразное наполнение, которое не дает возможности пару и жидкости образовывать самостоятельные потоки.

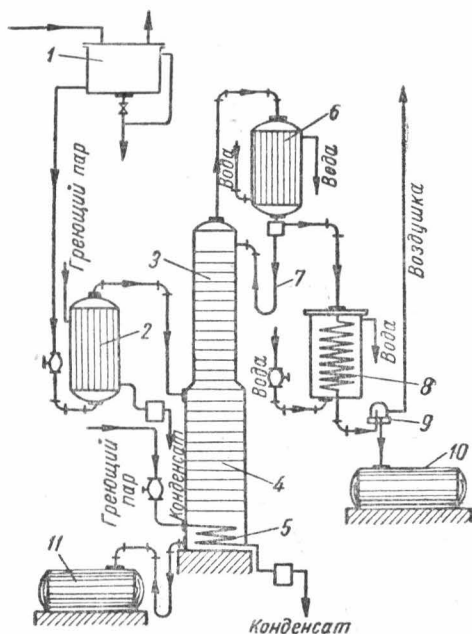


Рис. 44. Схема непрерывно действующей ректификационной установки:

- 1 — напорный бачок; 2 — подогреватель; 3 — укрепляющая часть колонны; 4 — отгонная часть колонны; 5 — подогреватель низа колонны; 6 — дефлегматор; 7 — линия орошения колонны; 8 — холодильник-конденсатор; 9 — смотровой фонарь; 10 — сборник ректификата; 11 — сборник остатка.

Насадочные колонны выгодно применять при ректификации под вакуумом, так как потери давления у них составляют примерно 20—25% от потери давления в тарельчатой колонне равной высоты. Колонны с насадкой можно сравнительно легко опорожнять, промывать и продувать.

Перегонка растворов может производиться на периодически действующих и непрерывно действующих ректификационных установках. Наиболее широкое применение получили установки непрерывного действия.

Непрерывно действующая ректификационная установка. Для правильной работы непрерывно действующей ректификационной колонны (рис. 44) перегоняемая смесь должна иметь постоянное

давление и одинаковый состав. Постоянное давление достигается благодаря наличию напорного бачка 1 или регулятора давления при подаче насосами. Начальная смесь, нагретая в подогревателе 2 до температуры кипения, поступает в среднюю часть колонны. Колонны, позволяющие разделять смесь только на две составляющие части, называются простыми. Простая колонна непрерывного действия состоит из двух частей. Верхняя часть 3, расположенная над подающей смесь трубой, называется ректификационной или укрепляющей частью колонны. Нижняя часть 4, расположенная под подающей смесь трубой, называется

ся отгонной частью колонны. Стекающая в отгонную часть жидкость подогревается паровым змеевиком 5.

Пары легкокипящего компонента, выходя из колонны, поступают в дефлегматор 6, охлаждаемый водой постоянной температуры. Флегма из дефлегматора подается по трубопроводу 7 на верхнюю полку укрепляющей части колонны для орошения. Несконденсировавшиеся пары из дефлегматора поступают в холодильник-конденсатор 8, где полностью конденсируются. Охлажденный ректификат через смотровой фонарь 9 стекает в сборник 10.

Высококипящая составная часть смеси отводится из нижней части отгонной колонны в сборник 11.

Орошение верхней части ректификационных колонн и обогрев их нижней части можно производить различными способами в зависимости от характера разгоняемых жидкостей и конструктивных особенностей колонн. Очень часто для обогрева нижней части колонн применяют острый водяной пар (см. рис. 45).

В ряде случаев приходится подвергать ректификации сложные смеси, состоящие из нескольких взаимнорастворимых жидкостей. Для разделения таких смесей применяют либо систему соединенных последовательно простых колонн, либо сложные ректификационные колонны.

Сложная колонна представляет собой комбинацию нескольких простых колонн, поставленных одна на другую. Соединение колонн в вертикальном направлении несколько не изменяет условий ректификации, но значительно упрощает общую конструкцию аппарата, сокращает расход материала и упрощает обслуживание всей установки.

Сложные колонны могут иметь внутренние отгонные секции и выносные секции. Наиболее распространены последние.

Колонна с внутренними отгонными секциями состоит из нескольких простых колонн, поставленных друг на друга таким образом, что вторая колонна служит продолжением первой, третья — продолжением второй и т. д. Каждая простая колонна имеет укрепляющую часть, эвапорационный объем и отгонную часть.

Сложные колонны с внутренними отгонными секциями, несмотря на ряд их очевидных преимуществ, обладают все же существенными недостатками. Такие колонны имеют очень большую высоту, достигающую до 40 м, и малое количество тарелок в отгонных частях.

Колонна с выносными отгонными секциями (рис. 45) состоит по существу из двух колонн: одна из них А — высокая, мощная, в ней сосредоточены все укрепляющие части простых колонн; другая Б имеет значительно меньшую высоту и диаметр, в ней сосредоточены отгонные части простых колонн.

Раствор, подлежащий разделению, поступает в испаритель (эвапоратор) 1. Получающиеся в результате испарения пары подаются в основную ректификационную колонну А. Из эвапо-

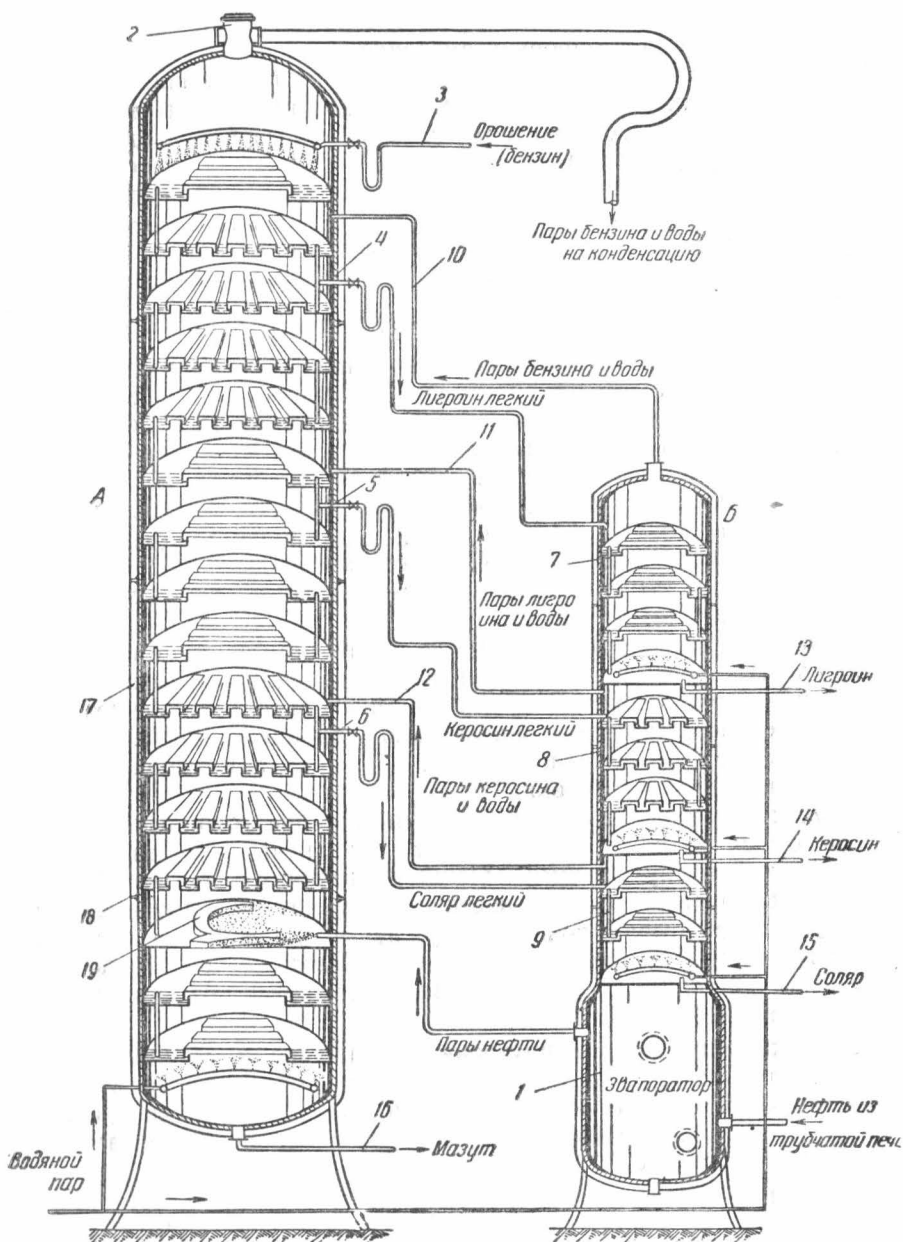


Рис. 45. Схема сложной ректификационной колонны с выносными отгонными секциями:

А — основная колонна; Б — отгонная колонна; 1 — испаритель; 2 — шлемовая труба; 3 — подача орошения; 4, 5 и 6 — отвод флегмы в колонну Б; 7, 8 и 9 — отгонные секции; 10, 11 и 12 — трубопроводы для отвода паров в основную колонну; 13, 14, 15 и 16 — трубопроводы готовых продуктов и остатка; 17 — теплоизоляция; 18 — опорные кольца теплоизоляции; 19 — рассекаль струи (улитка).

рационной части колонны пары поднимаются вверх, взаимодействуют со стекающей вниз флегмой и обогащаются легкокипящими компонентами. Таким образом, по выходе из верхней части колонны А пары имеют заданный состав легкокипящего компонента. По трубе 2 пары отводятся на конденсацию и охлаждение. Часть конденсата возвращается по трубе 3 обратно в колонну на орошение.

Флегма, стекая по тарелкам вниз и взаимодействуя с парами, все время обогащается высококипящими компонентами. На каких-то тарелках (4, 5 и 6) состав флегмы будет соответствовать требуемым товарным продуктам. Отведя от этих тарелок часть флегмы, можно получить почти готовые по составу фракции. Но так как отобранные фракции содержат некоторое количество легкокипящих продуктов, их направляют на дополнительное отпаривание в отгонные секции 7, 8, и 9 колонны Б.

Отгонная колонна состоит из отдельных изолированных друг от друга секций, соединенных в один общий корпус. Образующиеся в отгонных секциях пары по трубопроводам 10, 11 и 12 снова уходят в колонну А. Готовые продукты отводятся с нижних тарелок отгонной секции по трубопроводам 13, 14, 15 и 16.

Сложные ректификационные колонны применяются в нефтеперерабатывающей, коксобензольной промышленности и в других производствах.

Ректификация под вакуумом и молекулярная дистилляция. В том случае, когда при ректификации опасаются нежелательных процессов термического разложения или полимеризации перегоняемых растворов, перегонку производят под вакуумом. Применение вакуума позволяет снизить температурные режимы в колонне.

Вакуумные ректификационные колонны устроены так же, как атмосферные, но обычно они имеют больший диаметр и меньшую высоту. Большинство вакуумных ректификационных установок работает при разрежении до 600—700 мм рт. ст.

В последние годы разрабатываются и испытываются промышленные установки для разделения растворов молекулярной дистилляцией, принципиально отличающейся от ректификационных колонн. В этих установках, работающих при очень глубоком вакууме, пары образуются не во всей массе жидкости, а только на ее поверхности, т. е. происходит поверхностное испарение. Молекулярная дистилляция может быть эффективно использована для разделения и очистки высокомолекулярных органических соединений, которые разлагаются при температурных условиях обычной перегонки.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ

Общая характеристика пожарной опасности. Процессы, протекающие при ректификации растворов, требуют наличия внутри колонн паровой фазы и жидкого раствора, находящегося на каждой тарелке в состоянии кипения. Следовательно, темпера-

турный режим работы колонн всегда выше верхнего температурного предела взрыва паров.

Ректификационные колонны имеют значительную высоту — от 6—8 до 30—35 м и диаметр от 1 до 4 м, а иногда и больше.

В каждой колонне содержится большое количество горючей или легковоспламеняющейся жидкости, нагретой до высокой температуры, и через колонну проходит большое количество паров этой жидкости. Например, в нефтяной колонне средней производительности на тарелках и в нижней части одновременно находится около 15 т горючей жидкости. Через каждое сечение колонны проходит за один час от 30 до 60 т пара и около 20—40 т флегмы.

Большинство ректификационных колонн работает под небольшим положительным давлением. Обычно давление в колоннах не превышает 1,2—2 атм, иногда оно доходит до 5—7 атм и очень редко бывает выше. Значительно меньшее количество колонн работает под вакуумом.

Из этого вытекает, что внутренний объем всех ректификационных колонн в момент работы изолирован от окружающего воздуха и что горючая среда может образоваться только в результате наличия неплотностей и повреждений в самой колонне или в связанных с ней трубопроводах. Через неплотности и повреждения выходит наружу парообразный или жидкий продукт, а внутрь системы, работающей под разрежением, проникает воздух.

Образование неплотностей и повреждений облегчается наличием у каждой колонны большого количества различного рода соединений. Корпус многих колонн состоит из отдельных колец — так называемых царг, соединяющихся при помощи фланцев с прокладками. Отдельные листы, образующие царгу, свариваются или соединяются заклепками. Колонны имеют значительное количество люков. К каждой колонне подходит большое количество подводящих и отводящих пары и флегму трубопроводов, контрольных трубок и т. д.

Утечка обрабатываемого продукта может привести к различным последствиям в зависимости от места повреждения по высоте колонны и от расположения колонны.

Температура внутри колонны по высоте ее не может быть одинаковой. На каждой тарелке колонны устанавливается температура, соответствующая температуре кипения флегмы. Наиболее высокая температура наблюдается в нижней части колонны, а наиболее низкая — в верхней части колонны. В средних сечениях устанавливаются промежуточные температуры. Так как давление в колонне небольшое, можно считать, что температура верха колонны примерно равна температуре кипения легкокипящего компонента, а температура низа колонны примерно равна температуре кипения высококипящего компонента.

Ректификационные колонны могут иметь рабочую температуру в нижней части ниже или выше температуры самовоспламенения высококипящего компонента.

К первой группе относятся колонны для разделения спиртов, эфиров, ароматических углеводородов, стабилизационные и подобные им бензиновые колонны и т. п.

При появлении неплотностей и повреждений в любой точке таких колонн выходящая жидкость и пары приводят к скоплению большого количества горючего, а иногда к образованию взрывоопасных паровоздушных концентраций. Воспламенение паров чаще всего происходит от постороннего источника тепла. Самовоспламенение выходящего продукта в данном случае невозможно, за исключением особых случаев.

В эту же группу входят колонны, разделяющие водные растворы горючих жидкостей (растворы: метиловый спирт и вода; этиловый спирт и вода, ацетон и вода и т. п.). При появлении неплотностей и повреждений в нижней части таких колонн пожарная опасность не создается, так как выходящий продукт представляет собой очень слабый водный раствор.

Ко второй группе относятся колонны для разделения нефти, продуктов крекинга, мазутов, каменноугольных и древесных смол и т. п.

При образовании неплотностей и повреждений в нижних частях этих колонн выходящая жидкость и пары могут воспламениться в результате соприкосновения с воздухом. Например, при перегонке нефти до мазута температура нижней части колонны равна 330—350° С, а температура самовоспламенения мазутов 320—350° С; при разгонке продуктов термического крекинга температура нижней части первичной ректификационной колонны равна 380—400° С, а температура самовоспламенения флегмы 390—410° С; при разгонке каменноугольных смол температура низа колонны равна 370—400° С, а температура самовоспламенения остатка (каменноугольного пека) 200—220° С и т. п.

Появление утечек в верхних и средних частях всех колонн приводит к скоплению в воздухе большого количества горючего, но самовоспламенение, как правило, не происходит.

Неплотности, образовавшиеся в корпусе колонны, не всегда можно быстро и легко обнаружить, так как корпуса всех колонн для поддержания постоянного температурного режима и уменьшения потерь тепла в окружающую среду имеют теплоизоляцию. Вытекающий через неплотности продукт пропитывает теплоизоляцию на большой площади, образуя на поверхности маслянистые или сероватые пятна. При неплотном прилегании теплоизоляции к корпусу колонны продукт, стекая вниз, пропитывает на своем пути всю теплоизоляцию. Поэтому возникновение пожара при утечках из колонны нередко сопровождается распространением огня не только по растекающейся горючей жидкости, но и по теплоизоляции.

Последствия утечек продукта через неплотности и повреждения зависят от размещения колонн. Многие ректификационные установки расположены в производственных зданиях (колонны

спиртовой и лесохимической промышленности, промышленности синтетических каучуков, пластических масс и других химических производств), а некоторые из них — на открытом воздухе (большинство колонн нефтяной и коксобензольной промышленности).

При небольших утечках из колонн, расположенных на открытом воздухе, пары рассеиваются в атмосферу, а при значительных утечках загазовывается вся близлежащая территория. Утечка с загазовыванием территории более опасна, чем горение струи выходящего продукта, так как в этом случае взрывоопасная смесь пара с воздухом, воспламеняясь от любого источника, мгновенно охватывает огнем всю территорию.

При утечках из колонн, находящихся в производственных зданиях, особенно при недостаточной вентиляции, создается возможность образования взрывоопасных концентраций.

Причины образования горючей среды. Появление неплотностей и повреждений в процессе эксплуатации колонн вызывается химическим износом материала и различного рода механическими воздействиями.

Коррозии подвергается в основном внутренняя поверхность колонны, тарелки и колпачки. Коррозия происходит как за счет самого обрабатываемого продукта, так и за счет примесей, содержащихся в нем. Наиболее сильно изнашиваются места соединений, расположенные в паровом пространстве, и прокладки между фланцами.

Усиленный химический износ объясняется высокой температурой и непрерывным движением потоков.

Об интенсивности химического износа свидетельствует такой пример. У первичной ректификационной колонны одной из крекинг-установок, разделяющей нефтепродукт с наличием сернистых соединений, свободной серы и хлористых солей кальция и магния, толщина стенок через два года работы уменьшилась с 22 до 10 мм, т. е. средний износ корпуса колонны составил 6 мм в год.

Даже при ректификации мало химически активных растворов (например, спиртоводных) через несколько лет эксплуатации колонн наблюдается сильный износ тарелок, корпуса и прокладок.

Так, на одном из спиртозаводов в верхней части альдегидной колонны разъело уплотняющую прокладку между фланцами парг. Уплотнение было выполнено хлопковым шнуром на сурике. Через образовавшуюся неплотность легковоспламеняющаяся жидкость стала изливаться внутрь цеха, попадая на верхнюю промежуточную площадку и стекая вниз по теплоизоляции колонны. Возникновения пожара при этом можно было бы избежать, предотвратив возможность появления источника воспламенения. Однако в цех была внесена лампа «летучая мышь», и от применения открытого огня в момент ликвидации повреждения возник пожар, уничтоживший здание цеха.

Повреждения механического характера образуются в результате работы при повышенных давлениях, вследствие температурных деформаций, динамических воздействий и механического истирания материала стенок. Работа колонны с повышенным

внутренним давлением чаще всего приводит к ослаблению болтовых и заклепочных соединений, но может явиться также причиной нарушения целостности корпуса, особенно если стенка ослаблена коррозией.

Повышенное давление в колонне создается при увеличенной подаче начальной смеси или острого водяного пара и при нарушении нормальных условий отбора паровой фазы.

Увеличенная подача начальной смеси и греющего острого пара может возникать при отсутствии на линиях автоматических регуляторов давления или при их неисправности.

Нарушение нормального отбора паровой фазы наблюдается при неполной конденсации пара в конденсаторах-холодильниках и при неполном открытии задвижек на шлемовых трубах.

Если в дефлегматоры или конденсаторы-холодильники прекратится подача охлаждающей воды, будет подаваться недостаточное ее количество или будет поступать вода с высокой температурой, то конденсация пара прекратится или уменьшится. В результате вся система, включая приемники ректификата, заполнится парами. Линия отвода несконденсировавшихся продуктов не сможет удалить все пары и давление будет непрерывно возрастать по мере поступления новых порций начальной смеси.

Такое же явление наблюдается при большом загрязнении теплообменных поверхностей холодильников-конденсаторов вследствие нарушения сроков их очистки. При этом резко уменьшается коэффициент теплопередачи от пара к воде и снижается интенсивность конденсации паровой фазы.

Некоторые ректификационные установки (см. рис. 44), работающие при незначительном давлении, имеют в помещении на смотровых фонарях или на отстойниках линии (воздушки) для отвода из системы неконденсирующихся газов и пара (особенно часто это можно встретить на спиртоперегонных заводах). По этим линиям при нарушении нормального режима конденсации, особенно в летнее время, в воздух производственного помещения выходит большое количество горючих паров, создающих взрывоопасные концентрации.

Разделение в колоннах растворов, содержащих значительное количество твердых примесей (например, кокса), или растворов, склонных к полимеризации, связано с возможностью забивания отверстий патрубков отложениями или полимерами. При этом повышается сопротивление прохождению паровой фазы и, следовательно, возрастает давление в объеме колонны ниже места засорения.

Все эти явления не могут привести к резкому и очень большому увеличению давления, но вместе с химическим износом материала они ускоряют образование повреждений.

В ректификационной колонне по разгонке каменноугольной смолы вырвало пробный краник диаметром 0,5 дм. Эта неисправность возникла вследствие коррозии резьбы и проявилась в момент работы колонны с повышен-

ним давлением из-за сильного загрязнения конденсаторов. Флегма под давлением 2 атм стала выходить из колонны. При соприкосновении с воздухом флегма воспламенилась — образовался факел пламени длиной около 4 м. Горящая жидкость растекалась по площадке, создавая угрозу соседним аппаратам. Горение было ликвидировано после снижения давления в колонне и усиленного пуска водяного пара.

К резкому повышению давления в колонне, вызывающему разрушение корпуса или отдельных его частей, приводит подача в отгонную часть высокотемпературных колонн обводненного водяного пара или попадание в нее воды. При эксплуатации высокотемпературных колонн, работающих с подачей острого водяного пара, отмечалось несколько случаев очень тяжелых аварий, сопровождающихся большими пожарами и разрушениями. Это объясняется тем, что вода, попадая в высоконагретую колонну, перегревается и мгновенно вскипает, образуя большое количество водяных паров (1 л воды при нормальном давлении и температуре 100° С дает 1700 л пара). Подобное же явление происходит в том случае, когда высоконагретый продукт попадает в колонну, на днище которой находится некоторое количество воды. При мгновенном вскипании воды создается давление, в десятки раз превышающее рабочее. Возникающие при этом усилия достаточны для разрушения корпуса колонны.

На одном нефтеперерабатывающем заводе в период пуска установки после профилактического ремонта произошел взрыв ректификационной колонны. в результате которого она была полностью разрушена. В момент взрыва воспламенился обрабатываемый нефтепродукт и началось интенсивное горение его на значительной площади. Сила взрыва была настолько велика, что крышка колонны была отброшена на расстояние около 100 м, а отдельные осколки весом 50—80 кг отлетели на расстояние до 300 м. В результате взрыва были повреждены теплообменные аппараты, а также продуктовые и мазутные линии. Как показало исследование, разрыв колонны произошел в момент пуска острого водяного пара, когда колонна была прогрета до нормальной рабочей температуры. Причиной такого мощного взрыва могло быть или попадание с паром большого количества конденсата, или неправильное переключение линий, в результате чего вместо пара в колонну попала вода.

Подача обводненного пара в низкотемпературные колонны не может вызвать резкого повышения давления.

Опасные напряжения в металле колонн появляются в результате температурных деформаций как самого корпуса, так и горячих трубопроводов, связанных с ним. Интенсивное охлаждение поверхности (атмосферные осадки, подача струй воды при пожаре), отсутствие тепловых компенсаторов на трубопроводах, повреждение теплоизоляции создают условия для образования неплотностей от температурных деформаций.

Повышенные напряжения в материале колонн возникают от вибрации при недостаточном креплении корпуса к фундаменту и при недостаточном креплении трубопроводов. Вибрацию вызывают потоки воздушных масс (колонны, установленные на открытом воздухе), сотрясения от работающих машин, а для трубопроводов — пульсирующее давление (подача поршневыми насосами). При вибрации трубопроводов расстраиваются флан-

цевые соединения и весьма часто повреждается место сочленения трубопровода с корпусом.

Высокие напряжения в материале колонн появляются также в результате уменьшения толщины металла от механического истирания стенок. Например, струя начальной смеси, подаваемой в колонну, изнашивает противоположную стенку.

Помещения, в которых размещены ректификационные установки, разделяющие растворы, способные гореть, по степени пожарной опасности относятся к категории А или Б, в зависимости от величины температуры вспышки легкокипящего компонента (ректификата). Чаще всего эти помещения относятся к категории А. Например, помещения, в которых установлены колонны для разделения раствора сырого бензола в соляровом масле, входят в категорию А (по бензолу), так как температура вспышки сырого бензола равна 5°C , а температура вспышки солярового масла превышает 125°C .

Значительную опасность представляют ректификационные колонны в момент остановки их на ремонт и в период пуска.

Конструктивное устройство колпачковых ректификационных колонн затрудняет освобождение их от обрабатываемого продукта при остановке на ремонт или чистку, так как при спуске жидкости на каждой тарелке остается слой флегмы, определяемый высотой сливных патрубков. Для удаления оставшейся флегмы требуются длительное пропаривание и промывка водой. В то же время вследствие значительного количества связанных с колонной коммуникаций затрудняется полное отключение ее от соседних аппаратов, содержащих горючие жидкости и их пары. Неполное освобождение колонны от продукта, неполное отключение ее от всех соседних аппаратов и недостаточная продувка водяным паром могут привести при открытии люков к образованию внутри колонны взрывоопасной концентрации.

На практике отмечено немало случаев вспышек, взрывов и пожаров, вызванных неполным освобождением ректификационных колонн от горючей жидкости или неполным отключением их

На одном из заводов произошел такой случай. После остановки ректификационной колонны, освобождения ее от жидкости и продувки паром в соответствии с требованиями техники безопасности ее оставили для естественного проветривания. Примерно через сутки внутри колонны произошел взрыв, силой которого корпус был оторван от фундамента и сдвинут в сторону на 5—7 см. Это произошло потому, что дренажная линия, через которую спускаются промывные воды в канализацию, не была отключена от колонны после ее промывки. Колонна, являясь в момент проветривания своего рода вытяжной трубой, засасывала пары нефтепродуктов из канализации, в результате чего в ней образовалась взрывоопасная концентрация.

В процессе пуска колонн в эксплуатацию неполное удаление из системы воздуха может привести к образованию взрывоопасных концентраций.

Возможные источники воспламенения. При эксплуатации колонн и их ремонте горючие смеси могут воспламениться не только от открытого огня форсунок печей или электросварочных

аппаратов, но и от искр при ударах крышек люков о корпус, при использовании искрящего инструмента, при неисправности переносного электрического оборудования. Возможно также самовозгорание отложений на корпусе и тарелках. Например, при разгонке растворов, содержащих серу, сероводород или другие сернистые соединения, следует ожидать наличия в колонне сернистых соединений железа.

Наблюдались частые случаи самовозгорания отложений на стенках ректификационных колонн, разделяющих сернистые нефти, нефтепродукты и каменноугольные смолы, а также самовозгорания зачистной массы, сложенной около колонн.

Иногда внутренняя поверхность колонн раскалялась до красного свечения от самовозгоревшихся отложений сернистого железа.

При разгонке растворов, способных к полимеризации, могут образоваться самовозгорающиеся на воздухе полимеры (например, при производстве синтетического каучука).

ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Устройство, материал и оборудование ректификационных колонн должны соответствовать их назначению и режиму работы. Во избежание быстрого химического износа материал корпуса колонн, тарелок, люков и прокладок выбирают в зависимости от химических свойств обрабатываемого продукта. Так, колонны для ректификации уксусной кислоты и всю теплообменную аппаратуру выполняют из меди; колонны для ректификации растворов с наличием сернистых соединений — из легированной стали, а тарелки и колпачки — из чугуна. Так как изготовление всего корпуса колонны из легированной стали неэкономично, прибегают к устройству двухслойных колонн: внутренний тонкий слой (стакан) выполняют из хромоникелевой или другой стали, а наружный основной слой — из обычной стали.

В некоторых случаях для защиты эвапораторов от коррозии и для облегчения очистки внутренней поверхности от отложений ее покрывают тонкой цементной коркой. Соединение отдельных металлических листов корпуса колонны должно обеспечивать полную герметичность швов. Наибольшую плотность дают сварные колонны. В случае применения заклепочных соединений производят обварку швов и головок заклепок.

Во избежание вибраций колонн их устанавливают на самостоятельных фундаментах, не связанных с фундаментами других аппаратов или стен здания. Колонны, размещаемые на открытом воздухе, необходимо надежно крепить к фундаментам с учетом ветровой нагрузки.

Для обслуживания колонн, т. е. для доступа к верхним их частям и проведения операций по пожаротушению, устраивают рабочие площадки (для колонн, расположенных в производственных зданиях) или лестницы с площадками (для наружных ко-

лонн). Чтобы обеспечить постоянное давление в колоннах, подачу начальной смеси и острого водяного пара производят через автоматические регуляторы давления.

Автоматические регуляторы могут быть мембранными, поплавковыми, дроссельными и т. п. На рис. 46 показан регулятор давления Главармалита. При повышении или понижении давления в линии 1 изменяется давление на мембрану 2. Колебание мембраны передается клапанам 3, которые открывают или закрывают отверстия, изменяя тем самым количество поступающего пара. Регулировку

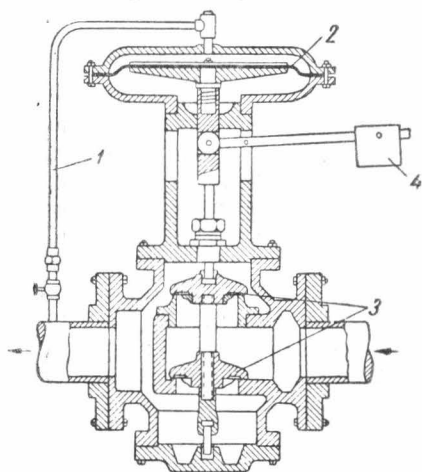


Рис. 46. Автоматический регулятор давления:

1 — линия для контроля давления; 2 — мембрана; 3 — клапан; 4 — противовес.

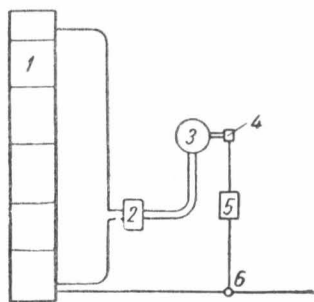


Рис. 47. Схема регулировки подачи пара в колонну:

1 — колонна; 2 — дифференциальный поплавок манометр; 3 — вторичный прибор; 4 — реле; 5 — исполнительный механизм; 6 — паровой вентиль.

величины рабочего давления производят перемещением груза (противовеса) 4.

Схема регулировки подачи греющего пара в зависимости от разности давлений в верхней и нижней частях колонны показана на рис. 47. Разность давлений в колонне 1 измеряется дифференциальным поплавковым манометром 2, показания которого через вторичный прибор 3 и реле 4 передаются исполнительному механизму 5, перемещающему паровой вентиль 6.

Подачу начальной смеси часто производят через напорный бак, вынесенный из производственного помещения. Бак должен быть закрытым. Его оборудуют переливной и аварийной линией, а также дыхательной трубой, выведенной за пределы помещения и защищенной огнепреградителем.

Для контроля за режимом работы каждую колонну снабжают контрольно-измерительными приборами. Обычно колонны имеют автоматические указатели температуры и давления в верхней и нижней частях и измерители уровня жидкости в нижней части. Предельно допустимые температуры и давления указываются в инструкции. Контрольно-измерительные приборы

сосредотачиваются в одном месте, что позволяет легко контролировать ход процесса.

При работе колонн необходимо следить за температурой и количеством воды, поступающей в конденсаторы-холодильники. Для подачи постоянного количества воды целесообразно устанавливать напорные баки или регуляторы давления. Вода должна подаваться чистой.

Периодически, в установленные технологической инструкцией сроки, нужно производить очистку теплообменной поверхности конденсаторов и холодильников от загрязнений.

Для защиты корпуса колонн от разрушения при повышенном давлении их снабжают предохранительными клапанами — пружинного типа или манометрическими. Клапаны устанавливают в верхней и средней частях колонн (при большой производительности). Манометрическими клапанами оборудуют колонны с небольшим давлением (до $1,1 \div 1,2$ ата).

Для того чтобы при срабатывании предохранительного клапана пары горючих жидкостей не поступали в производственное помещение, предусматривают отводные линии, выходящие наружу выше конька крыши и защищенные сеткой или другим огнепреградителем.

При наличии в цехе вакуумлинии отводные трубы предохранительных клапанов можно присоединять к ней.

По тем же соображениям воздушные линии смотровых фонарей, отстойников и других аппаратов выводят за пределы цеха или соединяют с вакуумлинией.

На рис. 48 показан смотровой фонарь с воздушной трубой. Ректификат поступает по трубе 1, проходит фильтр 2 и, попадая в фонарь 3, выходит из него по трубе 4. Воздух и несконденсировавшиеся продукты (спирт, альдегиды и пр.) из линии 1, а также из воздушного объема колпака (по трубе 5) отводятся в воздушную трубу 6. Для предупреждения возможности проскока пламени по трубе она имеет огнепреградитель 7. Чтобы при загрязнении фильтра или повышенной подаче спирта он не мог попасть в воздушную линию, ее оборудуют обратным клапаном.

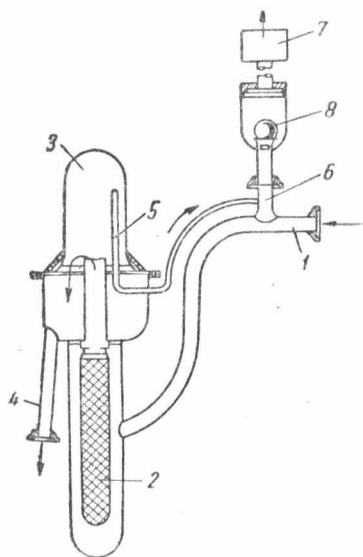


Рис. 48. Смотровой фонарь с воздушным:

- 1 — труба для ректификата; 2 — фильтр;
3 — смотровой фонарь; 4 — отводная труба;
5 — отвод пара; 6 — воздушная труба;
7 — огнепреградитель; 8 — обратный клапан.

паном 8, который, всплывая, закрывает отверстие воздушной трубы.

На воздушных линиях, выбрасывающих пары в атмосферу, целесообразно ставить ловушки для конденсации паров путем охлаждения их водой.

Во избежание быстрого засорения патрубков тарелок твердыми примесями, содержащимися в начальной смеси, рекомендуется перед поступлением в колонну пропускать смесь через испаритель (эвапоратор), представляющий собой цилиндрический аппарат со свободным объемом (см. рис. 45).

В тех случаях, когда патрубки могут забиваться продуктами полимеризации перегоняемых растворов, необходимо уменьшать интенсивность этого нежелательного процесса путем снижения рабочих температур, изготовления аппаратов из материала, являющегося антикатализатором процесса, или добавки к перегоняемому раствору специальных примесей, замедляющих этот процесс. Например, при производстве органического стекла для торможения процесса полимеризации перегонку ведут под вакуумом и аппараты выполняют из алюминия; при производстве синтетического каучука ректификацию дивинилных растворов производят с добавкой смолистых веществ, затрудняющих образование полимеров. Кроме того, необходимо периодически, в установленные технологической инструкцией сроки, производить чистку внутренних поверхностей колонн.

Для предотвращения механического износа стенок колонны в месте подачи сырья рекомендуется устанавливать рассекатель струи (см. рис. 45).

Во избежание образования больших внутренних давлений в колонне обогрев высокотемпературных колонн следует производить только перегретым водяным паром. Перед пуском пара в колонну паровую линию необходимо продуть от конденсата. Поэтому паровая линия должна иметь приспособление для спуска конденсата, а также обратный клапан, чтобы горячая жидкость из колонны не могла попасть в паровую линию при снижении в ней давления или при образовании вакуума в момент конденсации водяного пара. Пар можно подавать только в разогретую до рабочей температуры колонну.

Для предупреждения температурных деформаций горячие трубопроводы должны иметь исправную теплоизоляцию, а также температурные компенсаторы.

Теплоизоляцию колонн необходимо выполнять так, чтобы она не создавала при утечках скрытых потоков сверху вниз по корпусу. Если корпус колонны не имеет фланцев, то для восприятия тяжести теплоизоляции следует приваривать не прутья, а кольцевые листы — во избежание образования сквозных потоков при утечках (см. рис. 45). Для легкого обнаружения утечек поверхность изоляции должна быть всегда чистой. Изоляцию, пропитанную горючими жидкостями или поврежденную, следует во-время обновлять.

При остановке колонны на ремонт и очистку необходимо строго соблюдать правила безопасности. Прежде всего надо прекратить обогрев и подачу сырья, а затем отключить все связанные с колонной аппараты, заполненные жидкостями и газами. Отключение не должно ограничиваться только перекрытием вентилей или задвижек, нужно требовать полного разъединения труб или постановки заглушек между фланцами.

Освобождение колонны от горючей и легковоспламеняющейся жидкости, находящейся на тарелках, производят следующим образом.

При ректификации водных растворов отгоняют легкокипящую жидкость. При этом горючий раствор на всех тарелках заменяется водой. Затем обогрев колонны прекращают и по остывании ее приступают к вскрытию люков.

При ректификации безводных растворов колонну многократно промывают горячей водой, причем дренажную линию после слива промывной воды надежно отключают от колонны.

После промывки колонну продувают водяным паром до полного удаления горючих веществ. Для этого каждая колонна имеет линию подачи водяного пара во внутренний объем. Окончание продувки определяют путем анализа отходящего пара.

Люки колонны открывают «под паром» в определенном порядке — сверху вниз. Чистку колонн ведут осторожно неискрящими инструментами. Если в колонне предполагается наличие отложений, способных к самовозгоранию на воздухе, чистку ведут при постоянном смачивании поверхности водой. Зачистки складывают в металлическую посуду и удаляют из помещения или с установки. После окончания ремонтных или очистных работ при сборке колонны необходимо обращать внимание на качество прокладочных материалов.

Перед пуском установки внутренний объем продувают от находящегося там воздуха. Продувку прекращают при содержании в отходящем паре кислорода не более 0,5%.

Корпус колонны проверяют на испытательное давление, в полтора раза превышающее рабочее. Во избежание появления температурных деформаций остывание колонны при остановке и прогрев ее при пуске следует производить медленно.

Строительные конструкции ректификационных цехов должны быть I или II степени огнестойкости. Планировка и санитарно-техническое оборудование этих цехов должны удовлетворять требованиям Н 102—54, предъявляемым к производствам категории А или Б. Электрооборудование и электроосвещение должны соответствовать требованиям, предъявляемым к помещениям категории В-1 или В-1А.

Разрывы между отдельными аппаратами ректификационных установок, располагаемых на открытом воздухе, можно определять согласно «Противопожарно-техническим условиям строительного проектирования предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности» (ПТУСП МНП 02—51).

Для быстрой локализации и ликвидации возможных пожаров ректификационные установки должны иметь достаточное количество средств пожаротушения.

Высокотемпературные ректификационные колонны, располагаемые на открытом воздухе, целесообразно оборудовать стационарными паротушительными установками. Обычно паротушительная установка (рис. 49) представляет собой вертикальные стойки 1 со штуцерами 3 на каждой промежуточной площадке 4 и иногда с отводами к люкам 2.

Шланги с резиновым стволom для присоединения к полугайкам штуцеров хранятся на каждой площадке или внизу колонны.

Расположение площадок и длина шлангов должны давать возможность подавать пар к любой точке поверхности колонны.

Средства пожаротушения для ректификационных установок, находящихся в помещении, выбирают, исходя из свойств перерабатываемого раствора. Количество первичных средств определяется нормами ГУПО.

При возникновении на установке аварии или пожара постепенно снижают внутреннее давление в аппаратах и подают внутрь колонны водяной пар.

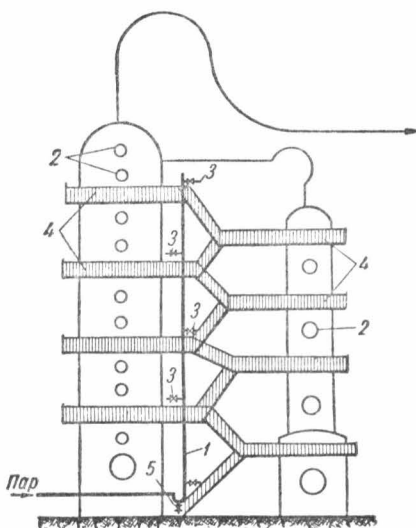


Рис. 49. Схема паротушения колонн:

1 — паровой стояк; 2 — люки; 3 — штуцеры с полугайками; 4 — промежуточные площадки; 5 — линия для продувки от конденсата.

Г л а в а VI

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ПАРОВОЗДУШНЫХ СИСТЕМ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Наша промышленность потребляет большое количество всевозможных растворителей (спирты, эфиры простые и сложные, ароматические углеводороды, бензины, сероуглерод и другие легковоспламеняющиеся и горючие жидкости).

Летучие растворители являются незаменимыми вспомогательными веществами при производстве резинотехнических изделий, искусственного шелка, киноплёнки, искусственной кожи, бездымных порохов и т. п. Их применяют для получения растворов твердых веществ, позволяющих производить отливку или формовку изделий. Из готовых изделий растворитель удаляют

путем его испарения. Пары летучих растворителей, смешиваясь с воздухом, образуют так называемую паровоздушную смесь (ПВС).

Выделение паров летучих растворителей в воздух производственного помещения может привести к образованию взрывоопасных концентраций, а также к отравлению обслуживающего персонала, так как почти все растворители отравляюще действуют на организм человека. Безвозвратные потери паров летучих растворителей значительно удорожают выпускаемую продукцию, увеличивают расход растворителей. Поэтому возникает необходимость в улавливании выделяющихся паров летучих растворителей. Это имеет большое народнохозяйственное значение.

Процесс улавливания паровоздушной смеси и отделения паров летучих растворителей от воздуха с целью неоднократно повторного использования их в производстве называется рекуперацией.

Рекуперационные устройства оздоравливают условия труда, сокращают потери ценных растворителей и уменьшают пожарную опасность производства.

О количестве растворителей, которое может быть уловлено и возвращено в производство, можно судить из следующих примеров.

Для изготовления 1 кг ацетатного шелка расходуется 3 кг ацетона и 0,5 кг спирта. Конечный продукт совершенно не содержит растворителей. При производстве целлулоида расходуется от 0,8 до 1 кг спирта на 1 кг нитроклетчатки. В конечном продукте содержатся лишь следы спирта. В состав нитролаков входит от 70 до 90% растворителей, стоимость которых составляет более 50% стоимости лака. При изготовлении искусственной кожи на 1 т готовой продукции (по данным «Моспласткожи») расходуется около 1,5 т бензина и все это количество растворителя испаряется.

Большие потери паров наблюдаются в нефтяной, коксохимической, лакокрасочной промышленности.

Улавливание паров летучих растворителей должно быть как можно более полным. Для этого у всех аппаратов и станков, где выделяются пары, устраиваются местные отсосы с максимальной герметизацией и с максимальным приближением их к месту выделения паров. Уловленная паровоздушная смесь подается в специальные устройства на разделение.

Для выделения летучего растворителя из паровоздушных смесей наиболее часто применяются абсорбционный и адсорбционный методы рекуперации.

Абсорбцией называется процесс проникновения газа или пара в массу жидкости через разделяющую их поверхность за счет диффузии с образованием раствора или нестойких химических соединений.

Адсорбцией называется процесс сгущения газа или пара на поверхности твердого пористого вещества. Адсорбция сопровож-

дается конденсацией паров в тончайших порах твердого вещества.

Процессы абсорбции и адсорбции протекают с выделением некоторого количества тепла.

Вещества, поглощающие пары или газы, называются соответственно абсорбентами или адсорбентами.

Процесс обратного извлечения пара или газа из абсорбента или адсорбента называется десорбцией.

Рассмотрим основные промышленные методы рекуперации паров летучих растворителей.

АБСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД РЕКУПЕРАЦИИ

Силой, обуславливающей растворение газа или пара в жидкости, является разность концентраций его в растворе и над жидкостью. Если концентрация в паровой фазе больше, чем в жидкости, пар стремится к растворению; в обратном же случае пар выделяется из жидкости. Исходя из способности улавливаемого пара или газа к растворению, выбирают наиболее подходящий абсорбент.

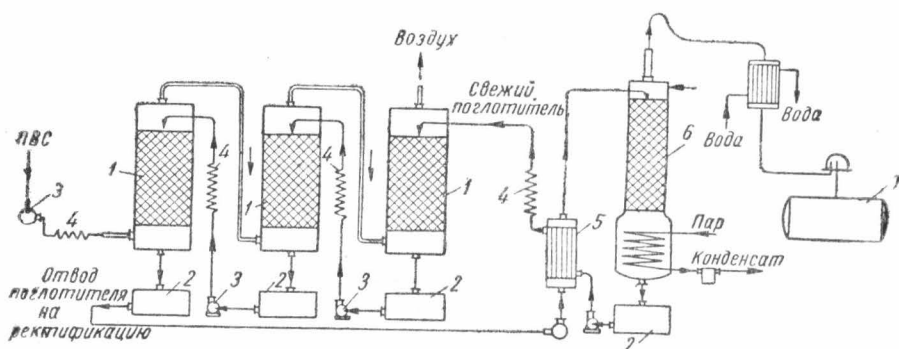


Рис. 50. Схема абсорбционной рекуперационной установки:

1 — абсорберы; 2 — сборники; 3 — насосы (вентиляторы); 4 — холодильники; 5 — теплообменник; 6 — ректификационная колонна; 7 — емкость для готовой продукции.

Абсорбент всегда имеет точку кипения более высокую, чем поглощаемый им растворитель; температура его вспышки также выше.

В качестве абсорбентов применяются: вода, серная кислота, гетралин, амилацетат, крезол, соляровое масло, мышьяково-содовый раствор, триэтаноламин и др.

На рис. 50 показана принципиальная схема абсорбционной установки.

Подлежащая рекуперации паровоздушная смесь поступает в абсорбционную установку, пройдя предварительно холодильник 4. Смесь должна охлаждаться для уменьшения теплового эффекта при поглощении. Из холодильника паровоздушная смесь

вентилятором 3 подается в аппарат 1, называемый абсорбером или скруббером. Скруббер по конструкции аналогичен ректификационной колонне — тарельчатой или насадной. Скрубберы с насадками более распространены.

Поднимаясь вверх, паровоздушная смесь встречается со стекающим вниз абсорбентом, который улавливает пары летучих растворителей. Очищенный воздух уходит из скруббера по трубе в атмосферу.

Установка может иметь несколько последовательно соединенных скрубберов; тогда паровоздушная смесь проходит последовательно через все аппараты, а навстречу ей также через все скрубберы протекает абсорбент, постепенно насыщаясь парами растворителей.

Насыщенный паром абсорбент стекает из низа первого абсорбера в приемник (сборник) 2 и из него насосом подается в теплообменник 5 и в ректификационную колонну 6 на десорбцию. Если в результате поглощения получается не раствор, а нестойкое химическое соединение, то вместо ректификационной колонны установка имеет регенерационную колонну. Ректификат — растворитель — поступает в сборник готовой продукции 7, а остаток — абсорбент, пройдя теплообменник 5, вновь подается в последний абсорбер для следующего цикла поглощения.

Абсорбционный метод можно применять как при концентрированных паровоздушных смесях, так и при разбавленных. Практически рекуперация этим методом становится выгодной при концентрации от 5—8 г/м³. Минимальная концентрация определяется только экономической выгодностью работы установки.

Абсорбционные установки широко применяются для химической очистки газов от нежелательных примесей и для улавливания определенных составляющих из сложных парогазовых смесей. Например, абсорбционным методом производится мокрая химическая очистка от сероводорода генераторных газов, водяного газа, водорода, коксового газа и др. Абсорбционный метод используется также для улавливания сырого бензола из коксового газа, бензина из природных газов, дивинила из контактного газа при производстве синтетического каучука и во многих других случаях.

Особенности пожарной опасности абсорбционной установки. Как видно из краткого описания схемы абсорбционной установки, она состоит из поглотительной части (абсорберов) и десорбционной части (ректификационной колонны). Пожарная опасность и пожарно-профилактические мероприятия процессов ректификации рассмотрены выше.

В абсорбционной части находится паровоздушная смесь, а также циркулирует значительное количество абсорбента с поглощенными парами летучих растворителей. Следует иметь в виду, что чем больше абсорбент насыщается парами летучих растворителей, тем сильнее понижается температура его вспышки.

Абсорберы работают при температуре несколько выше комнатной и при небольшом давлении.

При нормальной работе установки концентрация паровоздушной смеси в линиях и в абсорберах всегда ниже нижнего предела взрыва. Абсорбент (если это горючая жидкость) при нормальной рабочей температуре может быть нагрет ниже температуры вспышки и реже несколько выше ее.

Образование взрывоопасной смеси наиболее вероятно внутри первого скруббера, так как здесь абсорбент имеет максимальную концентрацию легучего растворителя. Взрывоопасная концентрация может получиться при поступлении на установку паровоздушной смеси в пределах взрыва. Образование горючей среды вне аппаратов возможно только при утечке абсорбента через неплотности и повреждения в корпусе абсорберов или трубопроводов. Повреждения и неплотности возникают в результате механических воздействий и химического износа материала.

Воспламенение образовавшейся горючей среды может произойти от источников воспламенения, появляющихся при грубом нарушении правил пожарной безопасности.

Во избежание пожаров и взрывов необходимо проводить следующие профилактические мероприятия:

- выбирать материалы аппаратов в соответствии с химическими свойствами абсорбента и улавливаемых паров;

- заменять горючие абсорбенты негорючими поглотительными жидкостями; если позволяют технологические условия, устанавливать абсорберы на открытом воздухе;

- устанавливать гидравлические затворы на линиях отвода абсорбента из скрубберов;

- оборудовать абсорберы и другую аппаратуру контрольными и предохранительными устройствами;

- обеспечивать работу установок на концентрациях паровоздушной смеси ниже нижнего предела взрыва;

- снабжать установки стационарными и первичными средствами пожаротушения.

Требования, предъявляемые к устройству местных отсосов, паровоздушных линий и вентиляционных установок, изложены ниже (см. стр. 127).

Конструктивные элементы станции и ее планировка должны соответствовать требованиям, предъявляемым к производствам категории А.

АДСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД РЕКУПЕРАЦИИ

а) Сущность процесса и работа установки

Адсорбционный метод дает хороший эффект при паровых смесях, имеющих незначительную концентрацию. При адсорбции газов и паров из смесей, имеющих большую концентрацию, поверхностные слои адсорбента быстро насыщаются и получается так называемый «проскок».

Скорость адсорбции колеблется в весьма широких пределах в зависимости от характера адсорбента и поглощаемого пара.

Из большого количества твердых веществ, обладающих значительной адсорбционной способностью, в настоящий момент техническое значение имеют лишь активированный уголь и гелекремневой кислоты, называемой силикагелем. Адсорбенты обладают развитой пористой структурой, т. е. большим отношением поверхности к единице веса вещества.

Под активированным углем понимают специально обработанный уголь, поры которого освобождены от смолистых веществ и других примесей.

Активированный уголь готовят из древесины, торфа, бурого угля, антрацита, скорлупы орехов, плодовых косточек и других веществ. Обычно активации подвергают предварительно обугленные материалы. В процессе активации происходит удаление веществ, сорбированных на поверхности угля и заполняющих его поры, за счет чего значительно увеличивается пористость угля. Самый обычный способ активации заключается в обработке угля перегретым водяным паром при температуре $800-1000^{\circ}\text{C}$.

Начальное сырье обычно измельчают, замешивают со связующими органическими веществами, формируют в зерна, загружают в реторту и подвергают активации. Крупность зерен угля, применяемого в рекуперационной технике, колеблется от 1 до 5 мм. Хорошие сорта активированных углей имеют высокоразвитую удельную поверхность, достигающую до $250-400\text{ м}^2$ на 1 г и даже выше.

Поглотительная способность углей весьма велика. Работами Всесоюзного треста рекуперации доказано, что даже при концентрации 5 г пара или газа на 1 м^3 воздуха адсорбирующая способность активированного угля составляет 35—38% от веса угля, в то время как при такой концентрации абсорбционные процессы уже значительно менее эффективны.

Второй широко распространенный адсорбент — силикагель — представляет собой твердое пористое минеральное вещество. В настоящее время силикагель получают путем обработки растворимого стекла минеральной кислотой (соляной, серной или азотной). В результате этой реакции образуется осадок (гель). Его промывают и просушивают, получая силикагель (SiO_2).

Силикагель отличается высокой поглотительной способностью и большой механической прочностью.

В процессе эксплуатации силикагель почти не образует пыли и не самовозгорается, так как он является минеральным веществом.

Однако несмотря на все положительные качества силикагеля, в рекуперационной технике чаще применяют уголь, так как силикагель сильно поглощает пары воды и поэтому требует предварительной сушки паровоздушной смеси, что вызывает дополнительные затраты.

Понятие о фазах работы адсорберов. Аппараты, в которых помещается определенное количество адсорбента, называются адсорберами. Если через адсорбер непрерывно пропускать паровоздушную смесь, то наступит такой момент, когда уголь насытится и уже не будет полностью улавливать пары летучих растворителей. Насыщенный активированный уголь подлежит регенерации, т. е. восстановлению его поглотительной способности путем удаления поглощенных паров летучего растворителя. Удалить из угля поглощенные пары летучего растворителя можно путем продувки его водяным паром.

Водяной пар нагревает уголь; при этом поглотительная способность угля уменьшается и уловленные частички растворителя уходят вместе с паром. Кроме того, водяной пар «вымывает» адсорбированные пары летучих растворителей, занимая их место.

При продувке угля водяным паром первые порции пара конденсируются, отдавая тепло холодному углю и конструктивным элементам адсорбера. Следовательно, к моменту окончания продувки уголь в адсорбере становится влажным и разогретым, т. е. непригодным для последующего цикла поглощения. Поэтому после окончания продувки уголь необходимо высушить и охладить.

Таким образом, весь процесс работы адсорбера состоит из следующих операций или фаз: поглощения или адсорбции паров растворителей; продувки или десорбции; сушки увлажненного угля; охлаждения угля.

В некоторых рекуперационных установках все эти операции проводятся раздельно (установки, работающие по четырехфазному циклу), но у большинства современных установок фазы сушки и охлаждения угля совмещены с фазой адсорбции. Таким образом, в современных установках имеются две фазы — фаза с совмещенными процессами сушки, охлаждения угля и поглощения паров и фаза десорбции.

Рекуперационные адсорбционные установки, работающие по двухфазному циклу, эксплуатируются на многих производствах. Широкое применение рекуперационных установок на активированном угле объясняется тем, что они дают наиболее высокие выходы чистого летучего растворителя (до 98,5%), требуют сравнительно небольших капиталовложений, имеют низкие эксплуатационные расходы и позволяют работать с любыми низкими концентрациями паровоздушной смеси (до 1 г/м³). Применение двухфазных установок, по данным Всесоюзного треста рекуперации, оказывается экономичным даже на производствах, где теряется около 100—200 кг растворителей в сутки. Себестоимость 1 т уловленных растворителей в 3—4 раза меньше обычной стоимости растворителей.

Технологическая схема двухфазной адсорбционной рекуперационной установки. Рекуперационная установка (рис. 51) не может иметь менее двух адсорберов, один из которых в данный момент должен работать на поглощение, а второй должен нахо-

даться на десорбции. Переключение их производят согласно установленному графику.

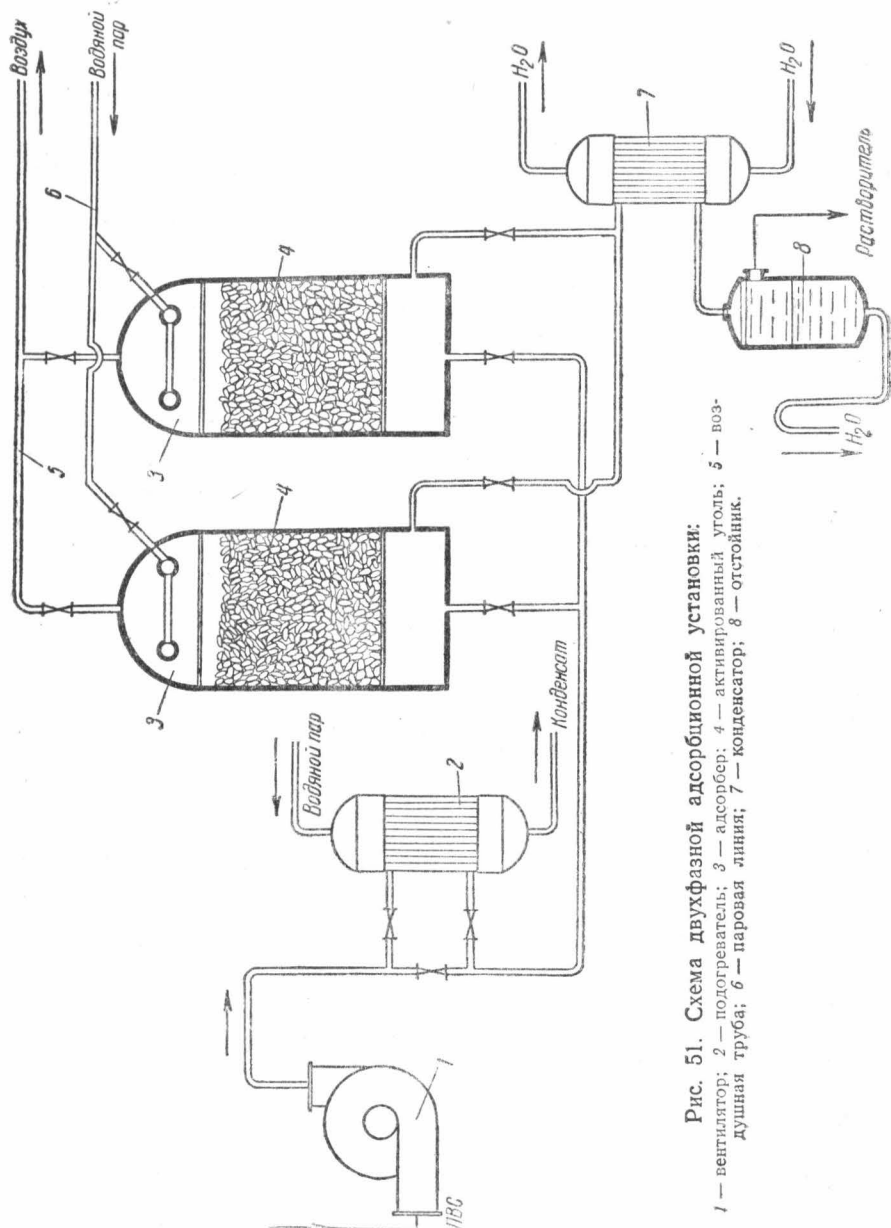


Рис. 51. Схема двухфазной адсорбционной установки:
1 — вентилятор; 2 — подогреватель; 3 — адсорбер; 4 — активированный уголь; 5 — воздушная труба; 6 — паровая линия; 7 — конденсатор; 8 — отстойник.

Паровоздушная смесь засасывается из производственных помещений по воздуховодам вентилятором 1 и подается в один из адсорберов 3, который только что был на десорбции, а теперь

включен на поглощение. Так как уголь 4 в адсорбере влажный, то паровоздушную смесь перед поступлением в него подогревают в калориферах 2 до температуры 50—60° С. Подогретая паровоздушная смесь, проходя в течение определенного времени через слой активированного угля, подсушивает его, причем улавливается значительная часть паров летучих растворителей. Воздух по выхлопной трубе 5 выбрасывается в атмосферу. После того как уголь подсохнет, паровоздушную смесь пропускают через слой угля в холодном состоянии. При этом уголь охлаждается и начинается нормальный процесс поглощения.

После насыщения угля адсорбер переключают на десорбцию. В процессе десорбции через слой активированного угля продувают насыщенный водяной пар, подаваемый по линии 6. Смесь водяного пара и «вымывтых» из угля паров летучего растворителя отводится из адсорбера в конденсатор 7. Отсюда она подается на разделение.

Для разделения смеси можно применять либо отстаивание, либо ректификацию. Если при конденсации получаются эмульсии (летучий растворитель не растворяется в воде), разделение производят отстаиванием в отстойниках 8 непрерывного действия (например, бензин и вода, бензол и вода и т. п.). Если при конденсации получаются растворы (летучий растворитель растворим в воде), разделение производят ректификацией (например, спирты и вода и т. п.).

Вся аппаратура размещается в специальном помещении, называемом рекуперационной станцией.

Таким образом, основным аппаратом рекуперационной установки является адсорбер.

Адсорберы, применяемые в рекуперационной технике, отличаются друг от друга по форме (они могут быть вертикальными и горизонтальными), но принципиальное устройство их одинаково. Адсорбер (рис. 52) имеет стальной цилиндрический корпус 1 с конусными днищами. Внутри корпуса на специальном основании покоится керамическая решетка 4, а на ней — слой активированного угля 11. Уголь засыпают в адсорбер через загрузочный люк 10. Порция засыпанного угля выдерживает в среднем до 1000 циклов поглощения, после чего уголь подлежит регенерации. Для выгрузки угля из адсорберов служат люки 5.

Штуцер 2 предназначен для ввода паровоздушной смеси, штуцер 8 — для отвода очищенного воздуха. Труба 3, имеющая отверстие, служит для подвода водяного пара при продувке угля, штуцер 9 — для отвода смеси паров летучего растворителя и водяного пара в конденсатор.

Для уменьшения теплотерь, а следовательно, и степени увлажненности угля адсорберы защищают теплоизоляцией.

Горизонтальный адсорбер имеет преимущество перед вертикальным, так как он при одинаковом объеме обладает большей производительностью (дает возможность иметь большее коли-

чество угля), а при одинаковой производительности позволяет уменьшать объем здания рекуперационной станции.

Поэтому на большинстве рекуперационных установок применяются горизонтальные адсорберы.

б) Пожарная опасность установки

Несмотря на то, что рекуперационные установки предназначены для обеспечения пожарной безопасности производственных

процессов, в определенные моменты работы они сами могут являться источником возникновения пожара или причиной его распространения.

Рассмотрим пожарную опасность отдельных узлов рекуперационных установок.

Причины образования горючей среды. Неправильное устройство местных отсосов, их неисправность, нарушение режима работы аппаратов, связанных с применением летучих растворителей, а также прекращение отсоса воздуха могут привести к выделению значительного количества паров в воздух производственного помещения. При этом образуются местные (а иногда и общеобъемные) взрывоопасные концентрации у рабочих мест, особенно в углублениях, траншеях, лотках и т. п.

Паровоздушные линии, соединяющие отдельные производственные помещения с рекуперационной станцией, в некоторых случаях могут являться причиной распространения огня из одного помещения в другое, от одной машины к другой, из производственного помещения на

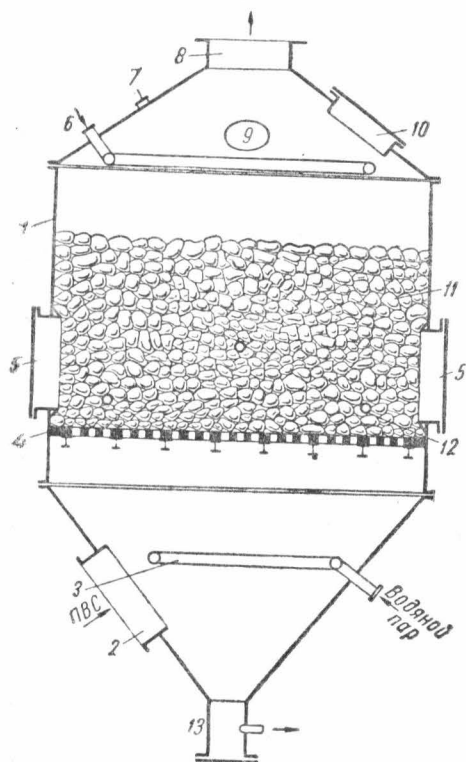


Рис. 52. Схема устройства вертикального адсорбера:

- 1 — корпус; 2 — штуцер для ввода ПВС; 3 — кольцевая труба для водяного пара; 4 — керамическая решетка; 5 — разгрузочные люки; 6 — ввод воды для тушения угля; 7 — штуцер для предохранительного клапана; 8 — штуцер для выхода воздуха; 9 — штуцер для отвода паров летучих растворителей и водяного пара; 10 — загрузочный люк; 11 — активированный уголь; 12 — гнезда для термометра; 13 — сборник конденсата.

станцию или из рекуперационной станции в производственное помещение.

Передача огня от машины к машине или из одного помещения в другое возможна в тех случаях, когда по линии транспор-

тируется паровоздушная смесь с концентрациями в пределах взрыва. Нормально концентрация паров летучего растворителя в воздухе значительно ниже нижнего предела взрыва, но она возрастает при неисправностях системы отсоса или при нарушении режима работы. Наиболее часто взрывоопасные концентрации в линиях образуются при снижении числа оборотов или остановке вентиляторов, поступлении на переработку сырья со значительно превышающим норму содержанием летучего растворителя, нарушении температурного режима у рабочих мест, неполадках и авариях, связанных с розливом летучих растворителей.

Снижение числа оборотов вентилятора уменьшает его производительность, т. е. количество отсасываемого воздуха, а остановка вентилятора приводит к полному прекращению отсоса воздуха. Если условно считать, что скорость испарения летучего растворителя есть величина постоянная, то становится ясным, что уменьшение количества отсасываемого воздуха приводит к обогащению его парами летучего растворителя, причем через некоторое время концентрация может достичь пределов взрыва.

При обработке сырья с повышенным содержанием растворителя или розливе растворителя, а также завышенном температурном режиме увеличивается количество выделяющихся паров при том же количестве отсасываемого воздуха. Это обогащает воздух парами летучего растворителя.

Воспламенение взрывоопасной смеси может произойти от различных причин — как в производственном здании, так и на рекуперационной станции. Если паровоздушная смесь воспламенится у одной из машины производственного помещения, то пламя может распространиться на рекуперационную станцию по движению потока и в соседние машины или помещения против движения потока. Если же паровоздушная смесь воспламенится на рекуперационной станции, то огонь может распространиться в производственное помещение только против движения потока. Распространение пламени против движения потока происходит лишь в том случае, если скорость движения огня больше скорости движения паровоздушной смеси.

Паровоздушная смесь, отсасываемая от машин и аппаратов, может содержать механические примеси в виде горючей пыли или более крупных органических частиц. Эта пыль, нитки, обрезки и другие частицы, уносимые воздухом от станков, оседая на поверхности воздуховодов, служат причиной распространения огня из цеха в цех.

Пожарная опасность рекуперационных станций определяется также наличием аппаратов, заполненных активированным углем и легковоспламеняющимися жидкостями.

В каждом адсорбере, а их на станции несколько, находится значительное количество активированного угля (до 800 кг и более), т. е. органического горючего вещества.

В отдельные моменты работы на установку может поступать паровоздушная смесь взрывоопасной концентрации. В конденса-

торах, отстойниках или ректификационных колоннах находится сконденсированный летучий растворитель. Наличие неплотностей и повреждений в этих устройствах, а также в трубопроводах, транспортирующих готовый растворитель или его смесь с водой, приводит к утечке продукта в помещение станции и вызывает скопление там горючей жидкости, а иногда даже образование взрывоопасных концентраций.

По степени пожарной опасности рекуперационные станции относятся к производствам категории А, так как почти все применяемые растворители имеют температуру вспышки паров ниже 28°C .

Возможные источники воспламенения. Воспламенение горючих смесей в воздуховодах, адсорберах и в помещении станции может произойти от разнообразных причин.

При повреждении лопастей неправильно выбранного вентилятора или при сильной вибрации вала ротор ударяет о корпус с образованием искр. Такое же явление происходит при попадании в вентилятор посторонних твердых тел, например, зерен гравия вследствие неисправности огнепреградителя, установленно-го на воздуховоде перед рекуперационной станцией.

На одной рекуперационной установке по улавливанию паров бензина произошел взрыв в адсорбере и в подводящем паровоздушную смесь трубопроводе. Силой взрыва были разрушены адсорбер, вентилятор и повреждены соседние адсорберы. Расследование причины взрыва показало, что в вентилятор попали зерна гравия из неисправного огнепреградителя. При работе вентилятора от удара гравия о корпус или лопатки ротора образовалась искра, которая и воспламенила взрывоопасную смесь, транспортируемую в этот момент по системе.

Паровоздушная смесь может воспламениться при самовозгорании угля в адсорбере. Склонность к самовозгоранию является отрицательным свойством активированных углей. Наиболее сильно подвержены самовозгоранию свежезагруженные угли, еще в достаточной мере не окисленные.

Самовозгорание угля объясняется главным образом экзотермически протекающими окислительными процессами, а также тепловыделением в процессе адсорбции.

Склонность активированных углей к самовозгоранию зависит от многих факторов. Основные из них следующие: качество исходного сырья, температура активации угля, величина удельной поверхности, прочность зерен, щелочность угля.

Если для изготовления активированного угля применяется сырье, склонное к интенсивному самовозгоранию, то и уголь, полученный из него, будет иметь повышенную склонность к самовозгоранию.

О способности углей к самовозгоранию можно судить по величине температуры самовоспламенения: чем ниже эта температура, тем интенсивнее уголь самовозгорается, и наоборот. Температура же самовоспламенения углей сильно повышается с увеличением температуры термической обработки их перегретым водяным паром (табл. 7).

Таблица 7

Зависимость температуры самовоспламенения углей от температуры их термической обработки

Температура активизации углей в °С	450	600	800	1000
Температура самовоспламенения углей в °С	169	340	400	457

Это объясняется тем, что при более высоких температурах обработки в угле остается меньше смолистых веществ и других включений.

Большое значение имеет крупность зерен угля. С повышением крупности зерен температура самовоспламенения углей повышается и наоборот. Легче всего самовозгорается угольная пыль. Следовательно, чем больше пыли в угле, тем он быстрее самовозгорается. Повышенная склонность к самовозгоранию замечается у углей, имеющих щелочную реакцию.

На быстроту самовозгорания углей влияет высота слоя. Чем толще слой угля в адсорбере, тем лучшие условия создаются для самовозгорания, так как выделяющееся тепло в результате реакции окисления труднее рассеивается, а от раздавливания зерен угля вышележащими слоями образуется угольная пыль.

Воспламенение паровоздушной смеси может произойти от саморазложения нестойких соединений, образующихся в процессе поглощения некоторых летучих растворителей. Например, серный эфир, широко применяемый в качестве растворителя, в определенных условиях, окисляясь, способен давать перекисные соединения. Этот процесс ускоряется при повышенной температуре и при наличии высокоразвитой поверхности поглотителя. Активированный уголь в этом случае служит катализатором. При рекуперации паров спиртоэфирной смеси, особенно при температурных режимах выше 60°С, отмечено образование весьма нестойких химических соединений, разлагающихся с воспламенением даже в условиях комнатной температуры.

На рекуперационных станциях горючая среда, кроме того, может воспламениться от применения открытого огня, неисправности электрооборудования, ударов металла о металл и т. п.

в) Пожарно-профилактические мероприятия

Адсорберы и вся связанная с ними аппаратура размещаются в специальном здании рекуперационной станции. Расстояние станции от производственных цехов определяется нормами, как между производствами категории А. Для увеличения коэффициента полезного действия рекуперационной установки и обеспе-

чения пожарной безопасности производственных помещений местные отсосы необходимо приближать как можно ближе к источнику выделения паров, т. е. устраивать местные отсосы непосредственно на машинах, столах, аппаратах и т. п. Источники выделения паров нужно укрывать и по возможности изолировать от помещения.

Во избежание передачи пламени от машины к машине и от цехов на станцию следует работать на безопасных концентрациях паровоздушной смеси и устанавливать определенную скорость транспортировки ее по трубопроводам.

Предельно допустимые концентрации в трубопроводах принимаются примерно в два раза меньше нижнего предела взрыва (табл. 8).

Таблица 8

Предельно допустимые концентрации для наиболее распространенных летучих растворителей

Наименование смеси	Предельно-допустимая концентрация в г/м ³ воздуха	Нижний предел взрыва в г/м ³ воздуха
Пары спиртоэфирной смеси . .	20	40—45
Пары спирта (этилового) . . .	25	50
Пары ацетона	20	39
Пары бензина („калоша“) . .	40	75—137

Зная предельно допустимую концентрацию паров летучих растворителей в воздухе и количество испаряющегося в единицу времени растворителя, можно определить необходимый секундный расход отсасываемого воздуха.

Немалое значение имеет правильный выбор скорости транспортировки паровоздушной смеси. При малой скорости, как уже говорилось, создается опасность распространения пламени против потока смеси, а при больших скоростях сильно увеличиваются сопротивления, требуются мощные вентиляторы, возрастают эксплуатационные расходы.

Скорость движения паровоздушной смеси по трубопроводам должна быть больше скорости сгорания смеси, т. е. больше скорости распространения пламени. При отсутствии детонации скорость распространения пламени лежит в пределах от 0,2 до 40—50 м/сек, в зависимости от концентрации паровоздушной смеси. Нормально, как указывалось выше, концентрация в трубопроводах должна быть ниже нижнего предела взрыва, но при неблагоприятных условиях можно предположить наличие горючих концентраций, приближающихся к нижнему пределу взрыва. В этом случае горение будет происходить с небольшой скоростью, не превышающей 0,2—15 м/сек.

Исходя из этого, скорость движения паровоздушной смеси по трубопроводам принимают в пределах 15 м/сек.

Зная количество отсасываемого воздуха и задаваясь скоростью движения паровоздушной смеси 15 м/сек, легко проверить правильность выбора диаметра трубопроводов или по диаметру трубопроводов определить действительную скорость движения смеси.

Трубопроводы паровоздушных смесей должны быть металлическими круглого сечения. Во избежание потерь паров летучих растворителей выгоднее транспортировать смесь на рекуперационную станцию не под давлением, а под некоторым разрежением. Поэтому вентиляторы всегда устанавливаются в помещении рекуперационной станции (см. рис. 54), а не в производственных цехах.

Как было указано выше, в процессе работы возможно резкое увеличение количества выделяющихся паров. В эти моменты даже при правильно запроектированной системе отсоса могут происходить перемещения взрывоопасных концентраций по паровоздушным линиям и распространение пламени при пожаре. Для полного исключения возможности распространения огня на линиях следует устанавливать огнепреградители.

Огнепреградители имеют различную конструкцию, но принцип их работы одинаков и основан на том, что взрывоопасная газовая смесь неспособна гореть в узких каналах или щелях. При этом тепловыделение оказывается меньше возможностей теплоотдачи.

К огнепреградителям предъявляются следующие требования: при любых условиях гасить пламя, не разрушаться от взрывной волны, иметь малое сопротивление прохождению паровоздушной смеси.

Простейшим, но недостаточно надежным огнепреградителем является медная сетка, имеющая не менее 144 отверстий на 1 см². Медная сетка не отвечает первому и второму требованиям, предъявляемым к огнепреградителям, так как она плохо противостоит действию взрывной волны и после разогрева (что происходит весьма быстро) пропускает пламя.

Испытания огнепреградителей, проведенные ЦНИИПО и Главнефтебывтом, показали, что распространение горения бензиновоздушных смесей в трубопроводах диаметром 100 мм может быть предотвращено сеточными огнепреградителями, состоящими не менее чем из четырех слоев сеток.

Наиболее совершенный огнепреградитель (рис. 53) разработан Всесоюзным трестом рекуперации. Он представляет собой совокупность двух дырчатых труб 1, вставленных друг в друга и заключенных в общий металлический кожух 2. Кольцевое пространство между трубами заполняется какими-либо инертными материалами 3, чаще всего мелким гравием (можно стеклянной ватой, мелкими кольцами и др.). Паровоздушная смесь, поступающая во внутреннюю трубу, проходит через огнегасящий слой

(инертный наполнитель) и уходит в линию. Такая конструкция позволяет применять огнезащитный слой любой толщины, а также иметь развитую поверхность прохождения паровоздушной смеси, что сильно снижает гидравлическое сопротивление.

В процессе эксплуатации от потерь или утруски инертного наполнителя в кольцевом пространстве могут образоваться незаполненные места, через которые неизбежен «проскок» пламени. Чтобы этого не произошло, в верхней части кольцевого пространства огнепреградителя устанавливают патрубком (бункер) 4 с запасом инертного материала, автоматически восполняющего возникающие потери.

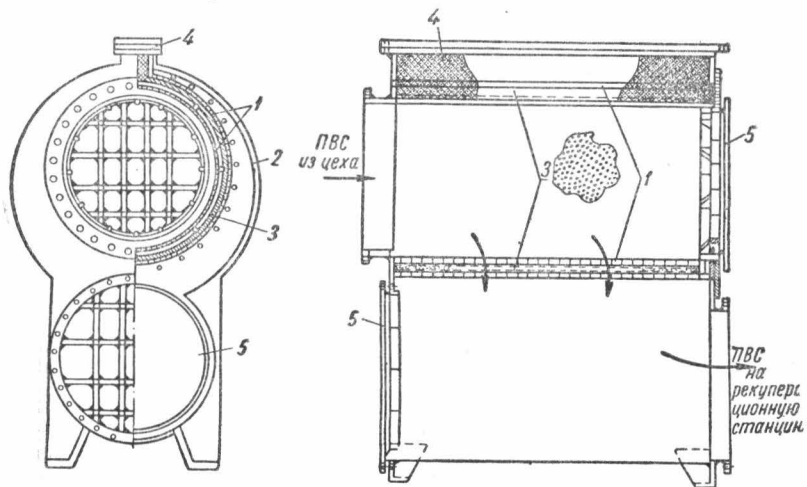


Рис. 53. Гравийный огнепреградитель системы ВТР:

1 — дырчатые трубы (сетчатые); 2 — металлический кожух; 3 — инертная насадка (гравий); 4 — бункер с гравием; 5 — мембранные взрывопредохранители.

Для защиты огнегасящего наполнения от разрушения взрывной волной служат мембранные предохранители 5, устанавливаемые в корпусе огнепреградителя со стороны подводящей и отводящей труб.

Мембраны могут быть выполнены из бумажного или асбестового картона, толя, алюминия, хрупких пластмасс и других материалов.

Наиболее часто применяются алюминиевые мембраны толщиной до 1 мм с надрезами. Во избежание повреждения мембран от рабочего вакуума их прикрепляют к решетке или проволочной сетке с размерами ячеек не менее 50×50 мм.

Расположение огнепреградителей на линии показано на рис. 54.

Огнепреградители в виде медной сетки применяются только для защиты трубопроводов в местах сопряжения их с производственными аппаратами, а огнепреградители с инертным слоем устанавливаются на наружных линиях у производственного зда-

ния и у рекуперационной станции не ближе 10 м от стены. Оба огнепреградителя дублируют друг друга. За наличием гравия в огнепреградителях и за исправностью перфорированных труб необходимо вести наблюдение. Трубопроводы должны иметь шибберы для отключения системы отсоса при неработающих станках, а также в момент аварии или возникновения пожара.

Требования к устройству и размещению линий, проходящих внутри производственных зданий, определяются Н102—54.

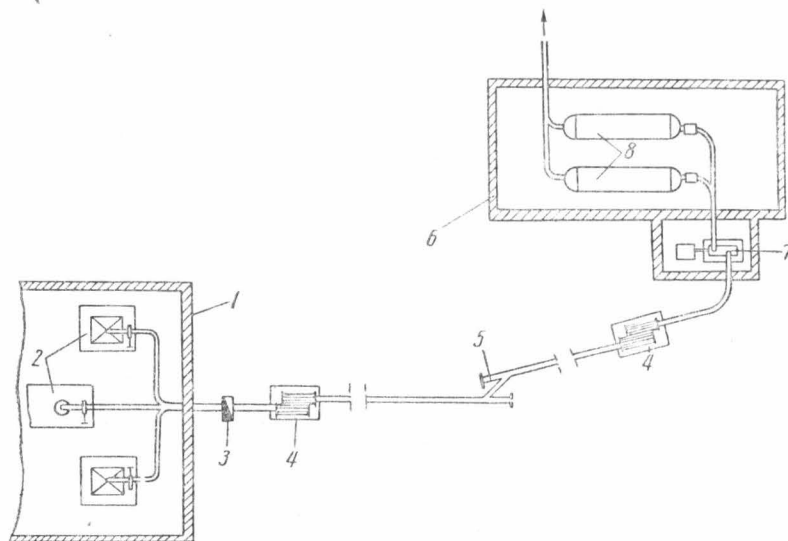


Рис. 54. Схема улавливания и транспортирования паровоздушной смеси на рекуперационную станцию:

- 1 — производственный цех; 2 — машины и рабочие места с применением растворителей; 3 — фильтр или циклон; 4 — огнепреградитель; 5 — мембранные взрывопредохранители; 6 — рекуперационная станция; 7 — вентилятор с приводом; 8 — адсорберы.

Трубопроводы и огнепреградители необходимо защищать от отложений пыли на внутренней поверхности труб. Для очистки паровоздушных смесей от пыли и других твердых частиц по выходе их из производственного здания (см. рис. 54) устанавливаются циклоны 3 или фильтры.

В местах поворотов наружных линий иногда ставят мембранные взрывопредохранители 5, которые защищают линии от разрушения при распространении по ним взрывной волны.

Вентиляторы для транспортировки паровоздушной смеси и двигатели к ним должны быть взрывозащищенного исполнения.

Иногда рекомендуют устанавливать вентиляторы не перед адсорберами, а после них, т. е. на линии чистого воздуха. Это позволит применять вентиляторы обычного исполнения и исключит вероятность выхода паровоздушной смеси через неплотности в помещении станции, так как все паровоздушные коммуни-

кации и адсорберы будут работать под разрежением. Вентиляторы при этом потребуются более мощные.

Адсорберы должны исключать возможность самовозгорания угля. Безопаснее применять не вертикальные (см. рис. 52), а горизонтальные адсорберы (рис. 55). При одинаковой произво-

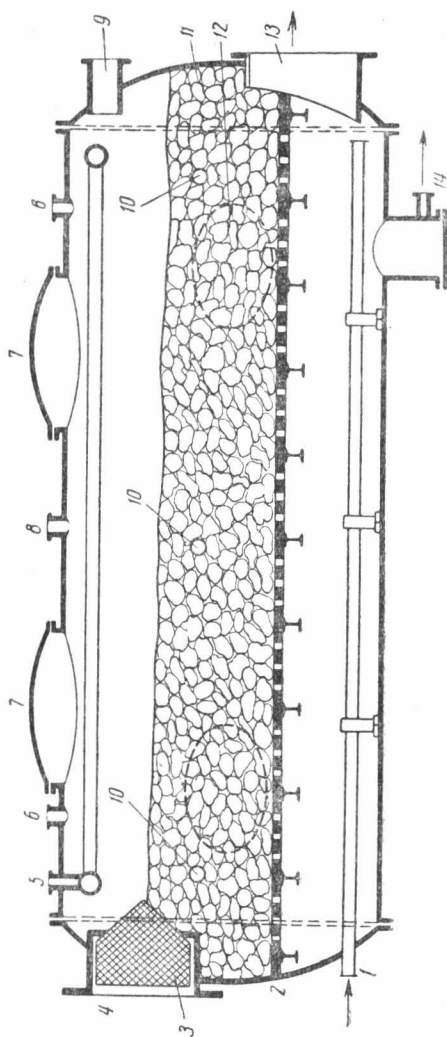


Рис. 55. Горизонтальный адсорбер:

1 — ввод водяного пара; 2 — керамическая решетка; 3 — сетка; 4 — штуцер для ввода ПВС; 5 — ввод воды для тушения угля; 6 — люк для взятия проб угля; 7 — загрузочный люк; 8 — штуцер для предохранительного клапана; 9 — штуцер для отвода паров летучих растворителей и водяного пара; 10 — гнездо для термометра; 11 — активированный уголь; 12 — разгрузочный люк; 13 — штуцер для выхода воздуха; 14 — сборник конденсата.

дительности толщина слоя угля у горизонтальных адсорберов значительно меньше, чем у вертикальных. Поэтому у горизонтальных адсорберов уменьшается возможность раздавливания нижних слоев угля, а следовательно, возможность выделения угольной пыли, весьма склонной к самовозгоранию. Снижение толщины слоя угля, а также увеличение площади живого сечения адсорбера уменьшают сопротивление прохождению паровоз-

душной смеси и позволяют применять менее мощные вентиляторы, т. е. сокращают эксплуатационные расходы.

Адсорберы необходимо заполнять только стандартным активированным углем. По крупности, прочности зерен и температуре самовоспламенения он должен отвечать технологическим требованиям.

Уголь, применяемый при рекуперации, обычно содержит пыли не более 1% по весу. Адсорбер нужно периодически очищать от пыли.

При получении активированных углей их склонность к самовозгоранию несколько снижают путем обработки труднолетучими веществами, например: солями фосфорной кислоты, глицерином, многоосновными спиртами, сахаром и т. п. Эти вещества, осаждаясь на поверхности пор активированного угля, уменьшают его способность к поглощению кислорода, а следовательно, несколько снижают поглотительную способность вообще.

В настоящее время применяются достаточно стойкие против самовозгорания и достаточно прочные (дающие мало пыли) специальные рекуперационные угли различных марок (например, AP и AP-3).

Адсорберы оборудуются контрольно-измерительными приборами и защитными приспособлениями.

Каждый адсорбер имеет гнезда 10 для термометров (см. рис. 55). Температура должна измеряться в различных точках толщи угля.

Для взятия проб угля с различных глубин служат люки 6.

На всех адсорберах устанавливается предохранительный клапан на штуцере 8.

Для возможности тушения загоревшегося угля предусматривается стационарная система водотушения; обычно с этой целью в верхней части адсорбера монтируется дырчатая труба 5 с ручным приводом для пуска воды.

В процессе эксплуатации необходимо наблюдать за режимом работы адсорберов и за плотностью всех соединений.

Конструктивные элементы и планировка здания рекуперационной станции должны соответствовать требованиям противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий, предъявляемым к категории А. Адсорберы можно располагать также на открытом воздухе.

Помещение, где расположены вентиляторы и двигатели к ним, нужно отделять от других помещений.

На участке паровоздушной линии от вентилятора к адсорберам должна быть подсоединена воздушная труба, позволяющая при необходимости (выход из строя адсорберов и т. п.) выбрасывать паровоздушную смесь наружу, не прекращая отсоса паров из производственных помещений. Воздушную трубу выводят выше конька кровли и защищают сеткой.

Помещение, в котором расположены ректификационные колонны и связанные с ними аппараты, следует отделять от ад-

сорбционного зала. Если для разделения смеси применяются отстойники, их можно не выносить из адсорбционного зала.

Рекуперационную станцию необходимо оборудовать вытяжной вентиляцией.

Электроосвещение станции должно соответствовать требованиям, предъявляемым к производствам категории В-1.

Первичные средства пожаротушения установлены нормами ГУПО.

Г л а в а VII

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ ОКРАСКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Все предметы, изделия и машины подвергаются постоянному воздействию окружающей среды. Иногда окружающая среда (кислая, щелочная, влажная, горячая и т. п.) усиленно изнашивает материал, изменяя состояние его поверхности и уменьшая срок службы. Очень часто изделия или машины требуют декоративной или специальной отделки поверхности. В этих случаях применяются процессы окраски. Таким образом, окраска изделий и машин служит для защиты поверхностей от воздействия внешней среды, а также для придания им красивого внешнего вида.

Процессы окраски применяются при строительстве зданий и сооружений, при производстве изделий тяжелой и легкой промышленности — автомобилей, вагонов всех типов, самолетов, морских и речных судов, сельскохозяйственных машин (тракторов, сеялок, веялок, молотилок, комбайнов и др.), предметов домашнего обихода (шкафов, столов, стульев, холодильников и т. п.).

Особое значение процессы окраски приобретают в настоящее время, когда обращается большое внимание на экономию средств, удлинение срока службы машин, расширение выпуска предметов народного потребления и улучшение их внешней отделки.

Для защиты поверхностей машин, изделий и предметов, находящихся в разнообразнейших условиях, а также получения необходимых цветов и расцветок требуется большое количество различных окрасочных материалов.

Наша промышленность полностью обеспечена отечественными высококачественными окрасочными материалами.

Пожарная опасность процессов окраски зависит главным образом от свойств лакокрасочных материалов и методов нанесения их на поверхность. Лакокрасочные материалы представляют собой преимущественно горючие и легковоспламеняющиеся жидкости. Пары этих жидкостей могут образовывать взрывоопасные концентрации с воздухом, а некоторые лакокрасочные материалы обладают способностью самовозгораться.

В связи с большим разнообразием лакокрасочных материалов остановимся на основных из них.

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для окраски какой-либо поверхности на нее наносят тонкий слой лакокрасочного материала, который через некоторое время высыхает, оставляя на поверхности тонкую оболочку-пленку. Эта пленка может быть твердой или эластичной, блестящей или матовой, бесцветной или окрашенной. В зависимости от состава лакокрасочные материалы называются олифами, лаками и красками.

Олифы. Различают три вида олиф: натуральные олифы, представляющие собой особым образом обработанные высыхающие масла; полунатуральные олифы, представляющие собой растворы особым образом обработанных высыхающих или полусышающих масел в растворителе; искусственные олифы, представляющие собой растворы особым образом обработанных нефтепродуктов и синтетических продуктов в летучем растворителе. Искусственные олифы не содержат высыхающих масел.

Натуральную олифу готовят из льняного или конопляного масла и сиккатива. Твердый сиккатив — это окислы металлов (MnO_2 ; PbO) или соли высокомолекулярных кислот, ускоряющие процессы высыхания масел. Жидкий сиккатив — это раствор твердых сиккативов в скипидаре (65—50%). Натуральные олифы применяются для приготовления масляных лаков, для затирки и разведения густотертых красок, а также в качестве самостоятельного материала для малярных работ. Срок высыхания натуральных олиф — от 12 до 24 часов.

Олифы склонны к самовозгоранию. Как известно, склонность масел к самовозгоранию определяется величиной их иодного числа. Чем выше иодное число, тем больше склонность масла к самовозгоранию. Иодное число натуральных олиф превышает 145. А так как высыхают они в 5—7 раз быстрее растительных масел, то и самовозгораются олифы значительно быстрее, чем масла. Температура вспышки натуральных олиф — от 180 до 250°С, температура самовоспламенения — от 340 до 400°С.

Натуральные олифы легче воды и нерастворимы в ней, поэтому при тушении олиф необходимо применять пену или распыленную воду. Согласно Н 108—53 натуральные олифы относятся к классу горючих жидкостей.

С целью экономии дорогостоящих высыхающих масел натуральные олифы заменяют полунатуральными и искусственными олифами. Из полунатуральных олиф чаще всего встречаются так называемые оксоли. Оксоль представляет собой льняное или конопляное масло, обработанное продуванием воздуха в присутствии сиккатива, с последующим добавлением до 45% растворителя (лакового керосина). Из искусственных олиф очень часто применяются лакойли.

Полунатуральные и искусственные олифы можно использовать для затирки и разведения густотертых красок и в качестве самостоятельного красящего материала. Они содержат не более 45—50% растворителей и высыхают за 24—48 час. Температура вспышки полунатуральных и искусственных олиф колеблется от 35 до 40° С, т. е. они относятся к классу легковоспламеняющихся жидкостей. Оксоли содержат в своем составе растительные масла и при известных условиях способны самовозгораться, что подтверждено опытами лаборатории УПО Москвы. В воде они не растворяются. Средства тушения — те же, что и для натуральной олифы.

Лаки. В зависимости от состава различают лаки масляные, спиртовые, асфальтовые, лаки на основе искусственных смол и нитролаки.

Масляные лаки состоят из лаковой основы и летучего растворителя (скипидар, лаковый керосин и др.). Лаковой основой служит раствор смолы в масле. В лак вводят сиккативы и смягчители (глицерин, касторовое масло). Температура вспышки лаков находится в пределах 35—50° С.

В процессе высыхания лака сначала выделяются пары летучих растворителей, а затем, окисляясь, «сохнет» масло. Следовательно, при хранении и использовании масляных лаков возможно образование взрывоопасных концентраций (при определенных условиях), а также самовозгорание промасленных концов и тряпок.

Спиртовые лаки состоят из растворителя и смолы с добавкой пластификаторов-смягчителей. Смолы (обычно канифоли) в лаке содержится от 10 до 40%.

Растворителем служит этиловый спирт-сырец крепостью 90—93%. Более слабый спирт не растворяет канифоли. Процесс высыхания спиртовых лаков заключается только в испарении летучего растворителя.

Спиртовые лаки по Н 108—53 относятся к легковоспламеняющимся жидкостям, так как температура их вспышки лежит в пределах 14—16° С.

Лаки на основе эфиров целлюлозы состоят из нелетучего пленкообразователя и растворителей. В пленкообразователь входят эфиры целлюлозы, пластификаторы и смолы.

Существует несколько лаков на основе эфиров целлюлозы: нитроцеллюлозные, ацетилцеллюлозные, нитроглифталевые, бензолцеллюлозные и др. Из всех этих лаков наибольшее распространение получили нитроцеллюлозные. Растворителями нитроцеллюлозы служат ацетон, этилацетат, метилацетат, бутилацетат, амилацетат и др.

Для удешевления лака, помимо растворителей, в него вводят разбавители: метиловый и этиловый спирты, бензол, толуол, ксилол, бензин и др. Количество растворителей-разбавителей в лаке доходит до 90—95%.

Температуры вспышки растворителей и разбавителей низкие (ниже 28°C), поэтому нитролаки относятся к легковоспламеняющимся жидкостям.

Основы нитролаков, т. е. нитроцеллюлоза, представляет собой коллоксилин. Это нестойкое соединение, разлагающееся с воспламенением при температуре около 160°C . Следовательно, при использовании нитролаков нужно иметь в виду не только возможность образования взрывоопасных концентраций, но также возможность разложения (при определенных условиях) подсохшей основы, т. е. нитроклетчатки.

Ацетилцеллюлозные лаки отличаются от нитратных другой основой. Растворители и разбавители у них те же. Ацетилцеллюлозная основа под воздействием пламени плавится, горит плохо и затухает после прекращения воздействия огня. Такую основу иногда называют негорючей.

Для тушения нитролаков и ацетилцеллюлозных лаков применяют пену и воду, главным образом распыленную.

Краски. Краска представляет собой суспензию, состоящую из взвешенного в жидкости (лак, масло, вода) твердого красящего вещества. Различают краски эмалевые, масляные и водные.

Краски, называемые в практике эмалевыми, готовят растиранием сухих пигментов на специальных лаках. Пигментами служат в основном негорючие вещества: ZnO ; TiO_2 ; ZnS ; BaSO_4 и др.

Эмали, приготовленные на масляных лаках, относятся к классу горючих жидкостей.

Эмали, приготовленные на нитролаках, обычно имеют температуру вспышки ниже 28°C .

За последние годы наряду с различного рода нитрокрасками широкое применение получили перхлорвиниловые и полихлорвиниловые краски.

Растворителями для этих красок служат ацетон (26%), бутилацетат (12%) и толуол (62%). Температура вспышки их — около 0° . Быстрая испаряемость растворителей легко может привести к образованию горючей концентрации паров и к воспламенению их от какого-либо источника.

Масляные краски готовят растиранием пигмента в олифе на краскотерочных машинах. Перед употреблением эти пасты разводят олифами до требуемой консистенции. Масляные краски относятся к горючим жидкостям.

В группу водных красок входят: клеевые, казеиновые, силикатные, известковые и др. Пожарной опасности они не представляют.

Таким образом, пожароопасные свойства лаков и красок зависят от растворителей и пленкообразующей основы.

Следовательно, при отсутствии паспортных данных о пожароопасных свойствах применяемых лакокрасочных материалов необходимо установить их лабораторным испытанием.

ТЕХНОЛОГИЯ ОКРАСКИ

Для того чтобы лакокрасочное покрытие удовлетворяло своему назначению, оно должно быть стойким к переменным атмосферным воздействиям, обладать прочной прилипаемостью к покрываемому материалу и необходимыми механическими качествами. Обычно лакокрасочное покрытие состоит из нескольких слоев. Минимальное количество слоев — два (грунт, непосредственно прилегающий к поверхности, и наружный слой — окрасочный). В наиболее ответственных случаях количество слоев увеличивают до 6—8 и более. После нанесения каждого слоя краски производят сушку. Отделку заканчивают шлифовкой и полировкой верхнего слоя (например, у легковых автомобилей).

Поверхность изделий и машин перед нанесением на нее слоев краски или лака соответствующим образом подготавливают. Ее очищают, а иногда обрабатывают химически для удаления остатков ржавчины и некоторого «травления» металла.

Сложность процесса окраски зависит от требований, предъявляемых к окрашиваемой поверхности.

Лаки и краски могут наноситься на окрашиваемую поверхность маховыми кистями, обливанием, окунанием, распылением или пульверизацией.

Окраска маховыми кистями — наиболее старый и малопроизводительный способ, но она имеет еще достаточно широкое распространение. Даже при механической окраске не исключается применение маховых кистей для подкраски наиболее труднодоступных мест.

Окраска обливанием и окунанием применяется главным образом для изделий и деталей сравнительно небольшого размера и несложной формы. При окраске окунанием детали погружают в ванну с краской, затем вынимают и после стекания излишка краски направляют на сушку. При окраске обливанием изделия кладут на сетку и обливают краской.

Наиболее распространенным и высокопроизводительным способом окраски является пульверизация, которая позволяет получать хорошо отделанную поверхность. При этом способе краска или лак подается по трубке в специальный распылитель-пульверизатор (рис. 56), распыляется струей сжатого воздуха, идущего по трубам, и наносится в виде мельчайших капель на окрашиваемую поверхность.

Все способы окраски относятся к пожароопасным операциям, но наибольшую опасность представляет пульверизационный метод.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОКРАСКИ

Характеристика и возможные причины образования горючей среды. Окрасочные цехи производственных помещений характеризуются наличием большого количества лакокрасочных материалов, взвешенных в воздухе паров летучих растворителей и

туманообразных частиц жидкой краски, способных образовать взрывоопасные смеси, а также наличием окрашиваемых изделий и строительных конструкций, выполненных очень часто из сгораемых материалов. Поэтому эти цехи относятся к числу наиболее пожароопасных.

Рассмотрим пожарную опасность производств, использующих лаки и краски, приготовленные на летучих растворителях.

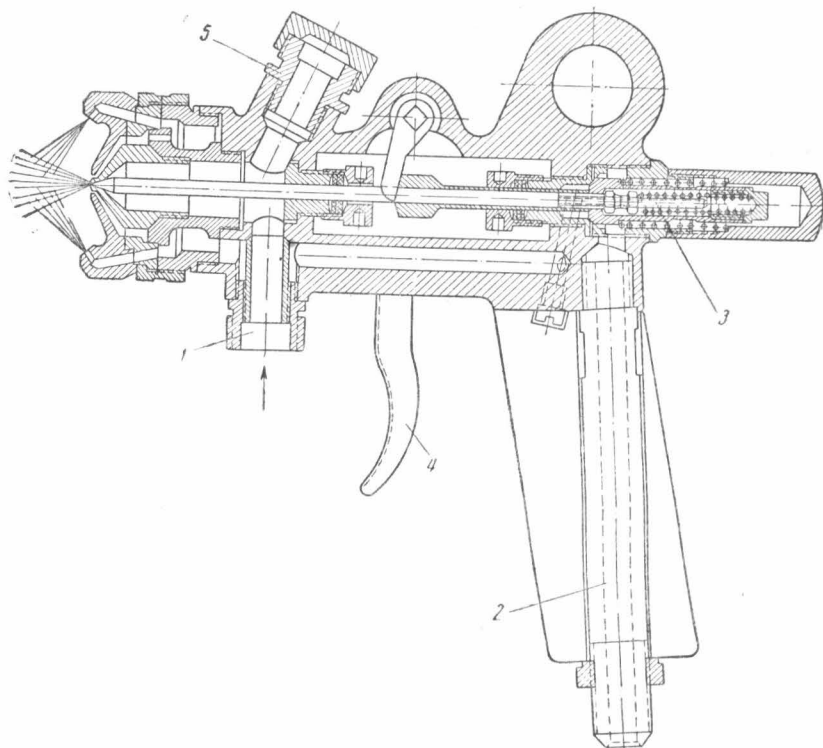


Рис. 56. Пульверизатор:

1 — подвод краски; 2 — подвод сжатого воздуха; 3 — регулировочная и запорная игла;
4 — пусковая собачка; 5 — шпатель для навинчивания стаканчика с краской.

Каждый окрасочный пост имеет запас лакокрасочных материалов на несколько часов непрерывной работы. При окраске окунаемым окрасочные ванны заполнены лакокрасочными материалами, а расход краски из ванны периодически или непрерывно пополняется.

Для обеспечения непрерывной работы окрасочных постов и красочных ванн нужно иметь в запасе определенное количество красок и лаков нужных сортов. Лаки и краски не доставляются на завод в готовом виде непосредственно пригодными к употреблению. Чаще всего их готовят из полуфабрикатов или красок высокой консистенции. Для этого служат спе-

циальные установки, которые неизбежно должны иметь значительное количество растворителей, разбавителей, красок и лаков-полуфабрикатов, а также окончательно приготовленных лаков и красок.

Таким образом, процессы окраски связаны с обращением в производстве большого количества лакокрасочных материалов.

Характерной особенностью процессов окраски является и неизбежное выделение паров летучих растворителей в воздух производственного помещения.

При окраске маховыми кистями испарение летучих растворителей происходит со сравнительно небольших поверхностей ведер или бачков с краской и с окрашенной поверхности при нанесении на нее краски и в период сушки.

При окраске окунанием испарение летучих растворителей происходит с поверхностей ванн и с поверхностей окрашенных изделий в момент их перемещения из ванны в сушилку. Площадь зеркала испарения ванны зависит не только от размеров окрашиваемых изделий, но и от способов погружения их в ванну. Так, при конвейерном погружении изделий площадь зеркала испарения ванны всегда больше, чем при отвесно-вертикальном погружении.

Для того чтобы краска в ванне не расслаивалась, применяют различные способы ее перемешивания. Усиленное выделение паров летучих растворителей происходит при перемешивании краски струйками сжатого воздуха. Это объясняется тем, что каждый отдельный пузырек воздуха, проходя через слой краски, насыщается парами летучих растворителей и выносит их в воздух производственного помещения. Чтобы дать представление о количестве паров летучих растворителей, поступающих в воздух помещения при испарении со свободной поверхности без перемешивания, приведем следующие данные. Лакокрасочный материал, приготовленный на растворителе типа легкого бензина, с 1 м^2 зеркала испарения при 20°C теряет в среднем около 110—120 г растворителя в час.

При окраске пульверизацией в производственное помещение выделяется наибольшее количество паров летучих растворителей. Это происходит потому, что при распылении сжатым воздухом образуется бесчисленное количество мельчайших частичек краски с очень большой суммарной площадью испарения. Большая площадь испарения и высокая скорость движения частиц краски приводят к интенсивному выделению паров летучих растворителей в воздух производственного помещения. Кроме того, мельчайшие частички краски, получающиеся в результате ее распыления и отраженные от окрашиваемой поверхности, находятся во взвешенном состоянии, образуя «красочный туман». Усиленное отражение краски от окрашиваемой поверхности наблюдается при чрезмерном приближении пульверизатора к изделию, а также при направлении пульверизатора не перпендикулярно к окрашиваемой поверхности. Относительно крупные

частички краски под воздействием силы тяжести осаждаются непосредственно у рабочего места, а наиболее мелкие частички разносятся воздушными потоками по производственному помещению, оседая на окружающих предметах, оборудовании и строительных конструкциях.

Значительное загрязнение рабочего места происходит при всех способах окраски. При работе маховыми кистями перенос краски из емкостей на поверхность сопровождается стеканием некоторого количества краски с кистей на пол. При окраске окутанием наблюдается сильное загрязнение участка ванны стекающими с изделий излишками краски. При окраске пульверизацией загрязнение рабочего места происходит не только за счет оседающих частиц краски, но и за счет подтеков при неправильной регулировке распыления, а также за счет утечек при неисправности шланга, подводящего краску.

К загрязнению помещения красками приводит эксплуатация неисправных емкостей.

Краска, попавшая на горизонтальные или вертикальные поверхности, высыхает, образуя трудно очищаемые, но легко горючие отложения.

Таким образом, процессы окраски связаны с выделением в воздух производственного помещения паров летучих растворителей и с загрязнением производственного помещения отложениями красок. Плотность паров всех летучих растворителей, применяемых лакокрасочной промышленностью, значительно больше плотности воздуха. Конвекционные потоки в окрасочных цехах сравнительно небольшие. Вследствие этого нерассеивающиеся пары стремятся занять нижние горизонты помещения, могут затекать в ниши, траншеи и т. п. Скапливаясь у места выделения, а также в нишах, траншеях и других ограниченных объемах, пары летучих растворителей образуют местные взрывоопасные концентрации. Образования взрывоопасной концентрации во всем объеме помещения при нормальном режиме работы ожидать нельзя, так как производственные помещения имеют большой объем.

Окраске подвергаются разнообразнейшие предметы, изделия и машины, изготовленные из различных материалов. Многие изделия и машины состоят целиком из сгораемых материалов (например, самолеты некоторых марок, мебель, карандаши и т. п.). Другие машины и изделия имеют некоторые детали, оборудование и оснащение, выполненные из сгораемых материалов (например, автомобили, вагоны и т. п.). Это обстоятельство сильно увеличивает пожарную опасность всего производства. Кроме того, строительные конструкции окрасочных цехов (особенно покрытия) часто выполняются сгораемыми.

Возможные источники воспламенения. Наиболее часто воспламенение горючей среды при проведении процессов окраски вызывают следующие причины: применение открытого огня и курение, искрение, разряды статического электричества, само-

возгорание промасленных материалов или остатков краски, термическое разложение основы нитролаков и красок.

Применение открытого огня обычно бывает связано с производством ремонтных работ, с выжиганием осевшей краски (на оборудовании, в вентиляционных трубопроводах и на строительных конструкциях), с подогревом краски для снижения ее вязкости. В подтверждение этого можно привести следующий пример.

На одном из станкостроительных заводов собранные станки после испытания поступали в малярный цех и подвергались многослойной окраске нитрокрасками с предварительным удалением с поверхности жировых и масляных загрязнений путем протирки их бензином. В цехе возникла необходимость в проведении работ, связанных со сращиванием и пайкой оцинкованного кабеля. В день производства монтажных работ основные окрасочные посты не работали. Пожар возник примерно через два часа после начала огневых работ.

Расследованием было установлено, что в момент работы паяльных ламп в цехе производилось подкрашивание отдельных станков. Благодаря создавшимся конвекционным потокам воздуха пары летучих растворителей достигли источника открытого огня и воспламенились. Огонь быстро распространялся по производственному помещению. Этому в сильной степени способствовало наличие окрашенных изделий, загрязнение рабочих мест отложениями краски и наличие в цехе деревянной тары. В результате пожара были повреждены более тридцати станков и значительная площадь покрытия цеха.

Данный случай показывает, что источники открытого огня, даже если они находятся вне зоны выделения паров летучих растворителей, создают большую опасность.

Искры, которые могут образоваться в окрасочных цехах, различны по мощности. Искрение возникает при ударах некоторых инструментов и скребков о металл, при установке незащищенных электродвигателей и осветительной арматуры. Можно считать, что искра, вызванная любым источником, способна воспламенить пары летучих растворителей и сухие отложения нитрокраски.

Искровые разряды статического электричества могут возникать не только при перемещении растворителей, но и при окраске пульверизацией. Распыление краски и удары ее частиц об окрашиваемую поверхность иногда сопровождаются появлением значительных зарядов статического электричества как на пульверизаторе, так и на окрашиваемом изделии. По данным проф. Н. Г. Дроздова, в лабораторной обстановке на алюминиевой пластинке, изолированной эбонитом, при нанесении нитроцеллюлозного лака пульверизатором с расстояния 1 м образовались заряды с потенциалом выше 5000 в.

В подтверждение сказанного можно привести такой пример.

На одном из заводов при окраске изделий применяли эбонитовые удлинители-насадки на пульверизатор. Так как насадка являлась непроводником электрического тока, на ней скапливались заряды статического электричества высоких потенциалов. При приближении пульверизатора к окрашиваемому изделию рабочие неоднократно замечали искрение, но не обращали на это внимания. Однажды при окраске нижней плоскости изделия от разряда ста-

тического электричества произошла вспышка местной взрывоопасной концентрации. Работница получила сильные ожоги.

В некоторых случаях пожары возникают от процессов самовозгорания. При использовании олифы и масляных лаков происходит промасливание различных волокнистых материалов, как окрашиваемых, так и протирочных. При благоприятных условиях, исключающих интенсивную теплоотдачу в окружающую среду, пропитанные маслом волокнистые материалы могут самовозгораться и вызвать загорание лакокрасочных материалов или окрашиваемых изделий. В практике наблюдались случаи самовозгорания промасленных волокнистых материалов, главным образом обтирочных. Самовозгораться может не только олифа, но и скипидар, широко применяемый в качестве растворителя.

Опыты лаборатории УПО Москвы подтвердили, что волокнистые материалы, пропитанные скипидаром, самовозгораются, будучи нагреты до начальной температуры 50°C .

Кроме лакокрасочных материалов на основе натуральных или полунатуральных олиф, склонностью к самовозгоранию обладают отходы некоторых нитрокрасок. Неоднократно отмечались случаи самовозгорания собранных в кучу отходов нитроглифталевых лаков или пылевидных отложений их в вентиляционных каналах и других местах при незначительном подогреве поверхности. Глифталевая смола, имея неопределенные связи, самоокисляется и способствует разложению нитроосновы.

Например, на одной из мебельных фабрик для окраски применяли нитроглифталевый лак № 754. Отходы лака, полученные после очистки рабочих мест и вентиляционной системы, временно до утилизации хранили в деревянном фанерном ящике. Через три дня из ящика стало выделяться большое количество удушливых газов темного цвета, характерных для окислов азота.

Во многих случаях процесс саморазогревания отходов нитроглифталевых лаков и красок заканчивался пламенным горением.

Пожар может возникнуть в результате разложения нитроосновы. Высохшие отложения нитрокрасок и нитролаков весьма чувствительны к повышению температур. Температура самовоспламенения нитроклетчатки равна 160°C и ниже. Даже кратковременное воздействие высокой температуры может привести к термическому разложению нитроклетчатки с воспламенением ее (например, попадание краски на разогретые поверхности, теплота трения и т. п.).

На некоторых заводах еще применяется перемешивание краски в ваннах механическими мешалками. Подшипники мешалки, располагающиеся под ванной, часто загрязняются излившейся краской, перегреваются и могут вызвать воспламенение нитросоединений.

Следует отметить, что из всех рассмотренных источников воспламенения наиболее опасны применение открытого огня и курение. Хотя благодаря большой воспитательной работе количество пожаров от этих причин непрерывно уменьшается, но они

еще не изжиты и поэтому данный вопрос требует серьезного внимания со стороны пожарных работников, инженерно-технического персонала и всех рабочих.

Необходимо иметь в виду, что начавшийся в окрасочном цехе пожар может очень быстро распространиться по окрашиваемым изделиям, производственному оборудованию или строительным конструкциям и охватить все смежные помещения. При горении лакокрасочных материалов выделяется большое количество тепла — от 8 до 10 тыс. ккал/кг.

Операции по тушению пожара затрудняются большим количеством дыма, а при горении олифы и других масел (без достаточного количества воздуха) выделяется очень ядовитый продукт — акролеин, раздражающе действующий на слизистые оболочки глаз, носа и на внутренние органы. Об опасности акролеина можно судить по тому, что допустимая концентрация его в воздухе в десять раз меньше, чем окиси углерода.

Кроме того, при тушении возможно отравление бойцов парами летучих растворителей, так как они все вредны для здоровья.

ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Пожарно-профилактические мероприятия в окрасочных цехах должны быть направлены на снижение количества горючих материалов, одновременно находящихся в производственном помещении; уменьшение количества паров летучих растворителей, выделяющихся в воздух производственного помещения; исключение возможности появления источников воспламенения и создание условий, обеспечивающих быструю локализацию возникшего пожара.

Количество лакокрасочных материалов, находящихся у каждого рабочего места, необходимо ограничивать. При этом ограничение не должно отрицательно влиять на производительность труда, а также на загрязнение цеха краской и парами вследствие частого наполнения тары.

В соответствии с Правилами и нормами по технике безопасности, пожарной охране и промышленной санитарии для окрасочных цехов количество лакокрасочного материала у рабочих мест не должно превышать полусменную потребность. В каждом отдельном случае максимально допустимое количество краски у рабочего места определяется начальником цеха совместно с представителем пожарной охраны и вносится в инструкцию.

Хранение лакокрасочных материалов в производственном помещении не допускается.

При окраске окунанием снижения количества лакокрасочных материалов в ванне можно добиться путем придания ее корпусу наиболее рациональной формы. Форма корпуса ванны зависит от способа погружения изделий в краску и от размеров окрашиваемых изделий. Нужно стремиться до предела уменьшать

«нерабочие» объемы ванны, т. е. те объемы, в которых краска не соприкасается с окрашиваемым изделием. Например, при конвейерной окраске изделий в прямоугольных ваннах нижние угловые объемы их не используются. Если при этом боковые стенки ванны сделать наклонными, можно значительно уменьшить количество краски. При уклоне стенок ванны в пределах 30—45° количество краски уменьшается на 30% и более.

Объем ванны можно сократить путем уменьшения ее длины и высоты за счет более рациональной конструкции подвесок, люлек или корзин, а также за счет выбора наиболее оптимальной скорости движения транспорта.

Для быстрой эвакуации краски в случае возникновения пожара или аварии ванны оборудуются приспособлением для аварийного спуска. Аварийные емкости устанавливаются вне производственного помещения или в лакохранилищах, которые выносятся за пределы цеха. Устройство аварийных емкостей в подвальном помещении под цехом не допускается.

Диаметры труб для слива ванны рекомендуется принимать следующие (табл. 9).

Таблица 9

Емкость ванны в м ³	2—3	3—4	4—10	10—15	Свыше 15
Диаметр труб в дм. . .	3	4	5	6	8

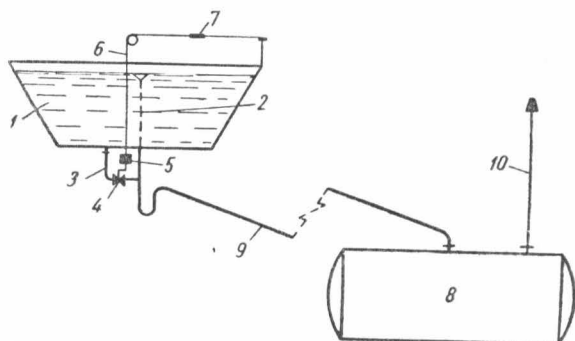


Рис. 57. Ванны с автоматическим аварийным спуском:
1 — ванна; 2 — переливная труба; 3 — аварийная труба; 4 — аварийная задвижка с противовесом; 5 — противовес задвижки; 6 — трос с легкоплавким замком; 7 — легкоплавкий замок; 8 — аварийная емкость;
9 — сливная линия с гидрозатвором; 10 — дыхательная линия с огнепреградителем.

Для автоматизации спуска (рис. 57) можно применять автоматически открывающиеся задвижки 4 или клапаны (замки) 7, устройство которых основано на использовании легкоплавких сплавов.

Уменьшить количество горючих лакокрасочных материалов

можно также путем применения негорючих лаков и красок. В этом важном вопросе имеются определенные достижения. Так, сотрудники Научно-исследовательского института Министерства электропромышленности разработали рецепты водорастворимого бакелитового лака и вододисперсионных пропиточных масляно-смоляных лаков. Эти материалы совершенно не требуют горючих растворителей и обладают хорошими изоляционными свойствами. Некоторые заводы электроизоляционных материалов их уже применяют.

Весьма большое значение имеет вопрос ограничения количества находящихся в цехе изделий, подлежащих окраске и уже окрашенных. Ни в коем случае нельзя допускать превращения окрасочного цеха в промежуточный склад хранения окрашенных и неокрашенных изделий. В каждом отдельном случае нужно точно установить необходимый запас неокрашенных изделий и отразить это в инструкции. Окрашенные и высушенные изделия вообще не должны находиться в цехе.

Для уменьшения количества паров летучих растворителей, выделяющихся в воздух, следует при ручной окраске применять емкости с шарнирно-закрывающимися крышками, а при окраске пульверизацией — специальные красконапорные бачки.

На рис. 58 представлена пульверизационная установка с красконагнетательным бачком. Она состоит из пульверизатора *I*, красконагнетательного бачка *II*, фильтра *III* для очистки воздуха от компрессорного масла и резиновых шлангов для подвода воздуха и краски к пульверизатору. Воздух для распыления краски имеет давление от 3 до 6 атм. Емкость красконагнетательного бачка может составлять от 20 до 500 л в зависимости от расхода краски.

Оборудование бачка позволяет передавливать краску по шлангу к распылителю и перемешивать ее, предупреждая расслаивание. Передавливание краски производится сжатым воздухом. Для перемешивания краски служит мешалка 10 с ручным или пневматическим приводом. Для того чтобы давление на краску было постоянным, на линии воздуха устроен редукционный клапан и установлен манометр.

Каждый бачок должен иметь предохранительный клапан, через который удаляется избыточный воздух. Бачки должны быть исправными и не давать подтеков краски. Герметичность бачков проверяют давлением до 6—8 атм.

Бачки открывают только в момент заполнения их красками. При открывании крышки необходимо соблюдать осторожность, так как внутри бачка может находиться взрывоопасная концентрация паров летучих растворителей.

Шланги, подводящие краску от бачков к распылителям, должны хорошо противостоять разрушающему действию растворителей и иметь достаточный запас прочности (не менее 4—5-кратного). Внутренний диаметр шлангов для краски обычно равен 10—11 мм, а шлангов для воздуха — 8 мм. По данным

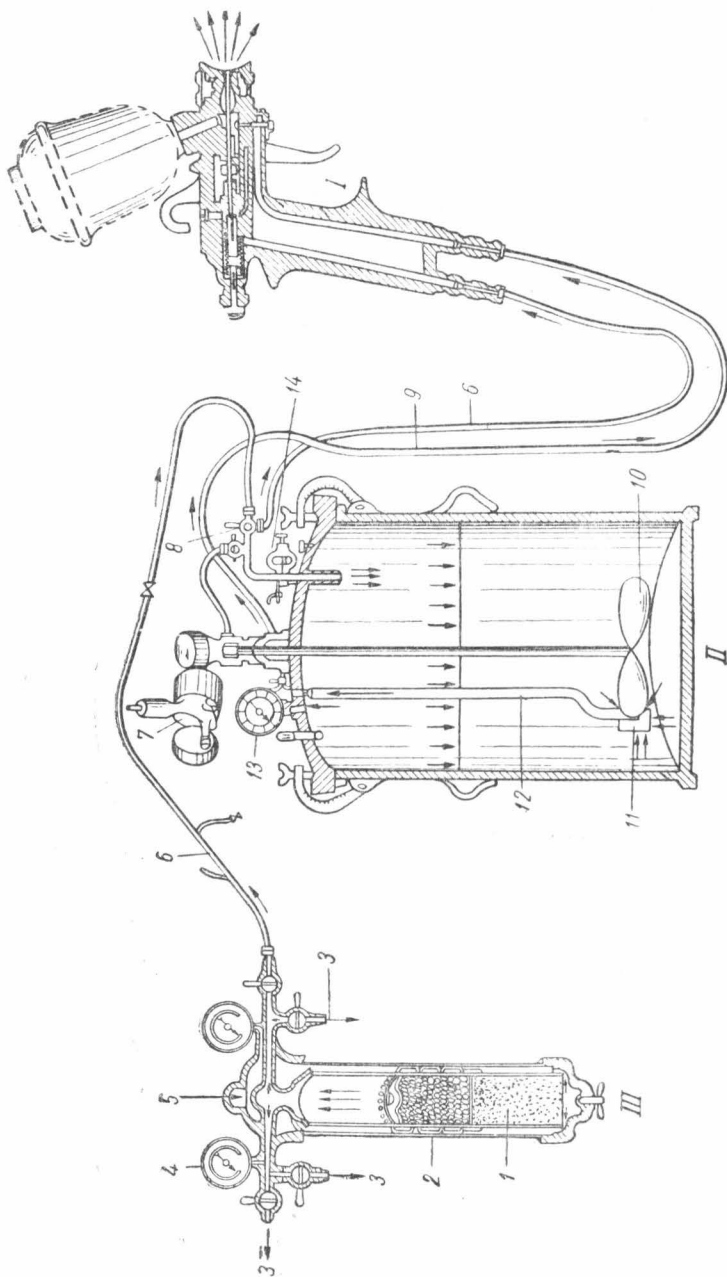


Рис. 58. Схема pulverизационной установки с красконагнетельным бачком:

I — пульверизатор; *II* — красконагнетельный бачок; *III* — маслоотделитель;
1 — фильтр из ваты; *2* — угольный фильтр; *3* — выход очищенного воздуха; *4* — манометр; *5* — воздух от компрессора;
6 — воздушный шланг; *7* — турбинка мешалки; *8* — тройник; *9* — шланг для краски; *10* — крыльчатка мешалки; *11* — фильтр; *12* — выводная трубка; *13* — манометр бачка; *14* — предохранительный клапан.

Резинотреста, шланги имеют следующее разрывное давление: шланг с одной матерчатой прокладкой — 10 атм, с двумя прокладками — 20 атм, с тремя — 30 атм.

Длина шлангов — от 5 до 25 м. Шланги не должны иметь дефектов и поврежденных мест.

Соединение шлангов с окрасочной аппаратурой необходимо производить только при помощи специальных наконечников или хомутов. Не рекомендуется применять для крепления проволоку, так как шланги при этом быстро истираются. При эксплуатации шланги нельзя скручивать. Для промывки шлангов растворителями следует пользоваться специальным приспособлением, исключающим возможность разлива растворителя в производственное помещение.

Чтобы уменьшить загрязнение рабочих мест, распылитель нужно держать перпендикулярно к поверхности окрашиваемого изделия и на расстоянии примерно 300—400 мм от нее.

Снижения выхода паров летучих растворителей и уменьшения потерь с красочным туманом при пульверизационной окраске можно добиться применением пневматического пистолета системы инженеров Н. С. Петрова и М. А. Гусакова. Их пистолет снижает потери краски с 15—20% до 3—5%. Пистолет имеет универсальную головку с круглым или плоским факелом. В головке вокруг сопла расположено десять дополнительных отверстий для подачи сжатого воздуха. Сжатый воздух окружает факел краски защитной воздушной завесой, как чехлом, и не дает краске рассеиваться.

Для снижения выхода паров и красочного тумана можно применять также механическое распыление при высоких давлениях. Этот метод был предложен советским инженером Фефербоймом и опробован на вагоностроительных и паровозостроительных заводах. По указанному способу распыление производится не за счет сжатого воздуха, а за счет механической энергии. Так как в распылении краски воздух не участвует, то испаримость летучих растворителей и образование красочного тумана значительно уменьшаются.

В настоящее время проводится проверка электростатического метода нанесения лакокрасочных материалов, предложенного проф. А. Л. Чижевским. Этот метод позволит уменьшить количество испарений и красочного тумана, но он связан с возможностью появления опасных искровых электрических разрядов.

Снижение количества паров летучих растворителей, выделяющихся из окрасочных ванн, достигается уменьшением величины зеркала испарения (что не всегда возможно) и применением более рациональных методов перемешивания краски. В небольших ваннах (от 0,5 до 1 м³) перемешивание обычно производят вручную. В ваннах большой емкости следует применять не воздушное и не механическое, а циркуляционное перемешивание. При циркуляционном перемешивании часть краски заби-

рается насосом снизу ванны и подается в верхнюю ее часть. Перемешивание следует вести непрерывно во избежание осаждения краски в трубопроводах и в насосе.

В нерабочие моменты окрасочные ванны необходимо закрывать, для чего каждая из них должна иметь крышку. Исправная, плотно закрывающаяся крышка может быть использована для тушения краски при возникновении пожара.

Нельзя допускать разведения красок до рабочей концентрации около окрасочных постов. Лакокрасочный материал нужно доставлять к рабочему месту в готовом виде. Тара из-под краски может содержать взрывчатую смесь паров с воздухом, поэтому ее необходимо сразу же выносить из производственного помещения. При транспортировке лакокрасочных материалов по трубопроводам необходимо обращать внимание на плотность соединений и разборных кранов. Подача растворителей и красок по трубам при помощи сжатого воздуха не допускается.

Воспрещается применять растворители для очистки от краски рабочих мест, для мытья рук и спецодежды. Руки и спецодежду надо мыть вне производственного помещения.

Основным мероприятием, направленным на снижение количества паров летучих растворителей, находящихся в воздухе окрасочных цехов, является устройство приточно-вытяжной вентиляции. Так как почти все летучие растворители вредно действуют на организм человека, устройство вентиляции необходимо и в санитарно-гигиенических целях. Количество отсасываемого воздуха определяют, исходя из предельно допустимых концентраций паров, согласно Н 101—54. Для наиболее часто применяемых растворителей эти концентрации приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Предельно допустимые
концентрации паров растворителей**

Наименование растворителей	Допустимая концентрация паров в г/м ³	Нижний предел взрыва в г/м ³
Ацетон . .	0,2	38,6
Скипидар .	0,3	41,3
Бензол . .	0,05	42,0

Из таблицы видно, что допустимые концентрации по санитарным нормам в десятки раз ниже взрывоопасных концентраций. Следовательно, вентиляционные устройства, удовлетворяющие санитарно-техническим требованиям, вполне обеспечивают пожарную безопасность.

При улавливании паров летучих растворителей в вентиляционные воздуховоды попадают также частички краски. Краска осаждается на поверхности воздуховодов, создавая благоприятные условия для быстрого распространения огня, а при известных условиях она может служить и причиной его возникновения. Чтобы уменьшить отложение краски в трубопроводах, необходимо сокращать их протяженность, избегать наличия резких поворотов, приме-

нять трубы круглого сечения и обеспечивать скорость движения воздуха в них не менее 12—15 м/сек.

Общеобменная вентиляционная система не полностью удаляет пары растворителей и в недостаточной степени предохраняет окружающие предметы и строительные конструкции от отложений краски, так как значительное количество паров и красочного тумана не попадает в сферу действия заборных отверстий вентиляционной системы, как бы удачно они ни были расположены.

Поэтому посты пульверизационной окраски необходимо изолировать от воздуха производственного помещения, устраивая так называемые красочные камеры или вытяжные шкафы. Камеры применяются для окраски крупных изделий и машин, а вытяжные шкафы — для окраски мелких деталей.

В зависимости от технологического процесса окрасочные камеры могут быть закрытыми и открытыми. Открытые камеры устраиваются при поточно-конвейерном производстве. В этом случае внутри камеры давление воздуха должно быть несколько меньше, чем в цехе, чтобы воздух из цеха поступал в открытые проемы камеры, а пары легколетучих растворителей и частицы краски не проникали в цех. Для соблюдения этого требования, а также предотвращения образования внутри камеры взрывоопасных концентраций, каждую камеру оборудуют мощной системой вентиляции. Обычно система вентиляции окрасочных камер не связана с общецеховой вентиляцией.

Так как линии воздухопроводов окрасочных камер имеют сравнительно небольшую длину, то краска может не только осажаться на поверхности воздухопроводов и вентилятора, но и выноситься наружу, загрязняя кровлю и окружающую территорию горючими отложениями. Поэтому перед поступлением воздуха в трубопровод краску необходимо улавливать. Очищать воздух от краски можно различными фильтрами, но чаще всего в окрасочных камерах краску улавливают струями распыленной воды. Воду с уловленными частицами краски и растворителей нельзя прямо спускать в канализацию во избежание скопления в канализационной системе горючих веществ. Загрязненную воду предварительно пропускают через ловушки, которые периодически очищают от уловленной краски.

Количество отсасываемого воздуха определяют расчетом, исходя из предельно допустимых концентраций по санитарным нормам. Если в окрасочной камере или в вытяжном шкафу не должны находиться рабочие, расчетную концентрацию повышают, но она должна быть все же ниже нижнего предела взрыва отсасываемых паров летучих растворителей.

Принципы расчета систем вентиляции пульверизационных камер разработаны инж. В. В. Кучерук. Он считает, что количество отсасываемого воздуха должно обеспечивать скорость воздушного потока в открытых проемах окрасочных камер боль-

шую, чем скорость диффузии паров и красочного тумана. Эта скорость составляет от 0,75 до 1,2 м/сек.

Устройство окрасочной камеры для окраски автомобилей показано на рис. 59.

Окрасочные камеры и вытяжные шкафы выполняются из негорюемых материалов. Стены и пол камеры должны иметь ровную поверхность для облегчения очистки их от отложений краски. В окрасочной камере не должны находиться емкости с лакокрасочными материалами. Красконагнетательный бачок располагается вне окрасочной камеры.

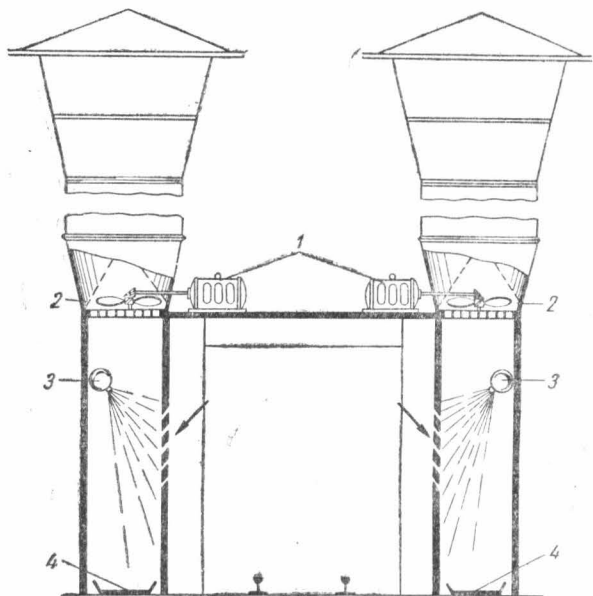


Рис. 59. Схема окрасочной камеры:

1 — вентилятор с двигателем; 2 — фильтр; 3 — труба водяная с форсунками; 4 — сточный лоток.

При окраске изделий, имеющих большие размеры (металлические конструкции, автобусы, четырехосные вагоны и т. п.), иногда вместо окрасочных камер для защиты производственного помещения от загрязнения парами летучих растворителей и частичками краски устраивают воздушные завесы. Они представляют собой специально организованные воздушные потоки подогретого до 20—25° С воздуха, подаваемого в определенном направлении (рис. 60). Отсос загрязненного воздуха производится снизу или сверху.

Пары летучих растворителей, которые удаляются из помещения при всех способах окраски, целесообразно не выбрасывать наружу, а подвергать рекуперации.

Во избежание появления источников воспламенения, способных вызвать загорание горючей среды, необходимо предусматривать следующие мероприятия.

При работе окрасочных постов нельзя допускать применения в цехе открытого огня. Все ремонтные работы, связанные с необходимостью резки, сварки и пайки металлов, нужно производить в нерабочее время. Участок огневых работ должен быть предварительно очищен от горючих материалов.

Во всех окрасочных цехах запрещается курить.

Подогрев лакокрасочного материала в цехе любыми источниками тепла не допускается.

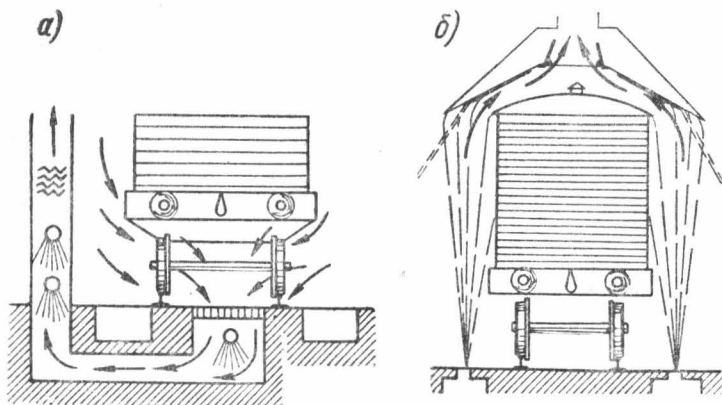


Рис. 60. Окрасочные посты с воздушными завесами:
а — с нижней вытяжкой воздуха; б — с верхней вытяжкой воздуха.

Применение открытого огня иногда бывает связано с очисткой рабочих мест и воздуховодов от отложений краски. Частицы краски присыхают к поверхности, и их очень трудно удалить. Для упрощения этой операции иногда пользуются методом выжигания. Такой метод, конечно, рекомендовать нельзя. Тару и мелкие приспособления рекомендуется очищать от краски путем обработки их кипящей водой. После распаривания краска отслаивается и легко удаляется. Краску на поверхности более крупных приспособлений и на воздуховодах перед очисткой нужно распаривать насыщенным водяным паром.

Воздуховоды для удобства очистки должны быть легкоразборными или иметь окна, позволяющие производить внутреннюю очистку. Для очистки следует пользоваться нескрящими скребками, а отходы сразу же удалять из цеха на утилизацию или для уничтожения.

В том случае, если для очистки трубопроводов в виде исключения приходится применить выжигание, его нужно производить в нерабочее время, удалив от воздуховодов лакокрасочные и другие сгораемые материалы. На время выжигания назна-

чается временный пожарный пост, который должен иметь наготове средства пожаротушения.

Поверхность стен и потолка окрасочных камер и шкафов для облегчения очистки можно покрывать тонким слоем солидола, тавота, вазелина или оклеивать листами бумаги. При очистке поверхностей от отложений нитрокрасок нельзя допускать ударов с высечением искр.

Вентиляторы, применяемые для отсоса воздуха из окрасочных камер и цехов окраски, должны иметь ротор, выполненный из мягкого металла.

Электрооборудование и электроосвещение окрасочных цехов, если пульверизационные посты не заключены в камеры, должны быть взрывозащищенного исполнения. Если же пульверизационная окраска производится в камерах или шкафах, то помещение может иметь пыленепроницаемые светильники. При необходимости освещения самих камер светильники и электропроводка должны быть взрывозащищенного исполнения или осуществляться кососветами.

Во избежание искровых разрядов статического электричества окрашиваемое изделие (если оно металлическое) необходимо заземлять.

Нельзя допускать применения на распылителях различных насадок, изготовленных из диэлектриков.

Корпуса окрасочных ванн и краскопроводы также необходимо заземлять.

Особенное внимание следует обращать на правила хранения промасленных тряпок, ветоши и спецодежды. Промасленные тряпки и ветошь нужно хранить в металлических ящиках с крышками. Ящики необходимо очищать не реже одного раза в смену. Спецдежду хранят в развешенном состоянии в решетчатых металлических шкафчиках вне производственного помещения.

По степени пожарной опасности помещения, в которых производятся процессы окраски, в зависимости от величины температуры вспышки и количества лакокрасочных материалов, относятся к категории А, Б или В. К категории В относятся производства, работающие на натуральной олифе и масляных красках. В категорию Б входят производства, работающие на искусственной олифе и красках, имеющих температуру вспышки паров от 28 до 120° С. Все производства, связанные с применением нитролаков, нитрокрасок, нитроэмалей, полихлорвиниловых красок и спиртовых лаков, относятся к категории А, если количество этих материалов достаточно для образования взрывоопасных концентраций.

Строительные конструкции и планировка помещений должны соответствовать требованиям, предъявляемым Н 102—54 к данной категории производств.

Окрасочные цехи или отделения следует изолировать от других помещений брандмауерами. Отдельные окрасочные посты

могут быть расположены в любых других цехах, если они являются составной частью общей технологии цеха.

Если в этом случае приходится иметь дело с мощными окрасочными установками или с весьма ценными окрашиваемыми изделиями, целесообразно требовать наличия разрыва в 8—10 м между постами окраски и смежными пожароопасными постами. Можно также изолировать посты окраски передвижными экранами (ширмами) из несгораемых материалов.

Краскоприготовительное отделение должно отделяться от основного производственного помещения брандмауером. Стены и потолки рекомендуется штукатурить цементным раствором и окрасивать в светлые тона. Пол всех рабочих мест и окрасочных камер должен быть гладким, т. е. не иметь углублений, выщербин и т. п. Производственное помещение необходимо регулярно очищать, в том числе и строительные конструкции, если на них осаждается краска или горючая пыль.

Окрасочные цехи обеспечиваются стационарными и первичными средствами пожаротушения. Если помещение, где размещены посты окраски, спринклеровано, то и окрасочные камеры должны быть оборудованы спринклерными или дренчерными головками. Если помещение не спринклеровано, окрасочные камеры целесообразно оборудовать дренчерными головками с подводом воды от цеховой водопроводной линии. Пусковой вентиль следует располагать со стороны глухой стены камеры на расстоянии 3—5 м от нее.

В замкнутых объемах окрасочных камер и вытяжных шкафов огонь можно тушить водяным паром или инертными газами, предусматривая для этого стационарные установки объемного тушения.

В помещениях должны иметься внутренние пожарные краны, а также огнетушители, ящики с песком, кошмы или асбестовые одеяла, согласно нормам ГУПО.

При наличии окрасочных ванн целесообразно устраивать стационарные пенные установки.

Глава VIII

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОЦЕССОВ СУШКИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ ОТ ЛЕТУЧИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Жидкость удаляют из твердого тела различными способами: механической силой (прессование, отстаивание, фильтрование, центрифугирование), физико-химическими способами (поглощение влаги гигроскопическими веществами) и путем введения тепловой энергии (сушка, выпаривание).

Под сушкой понимают процесс удаления из материала воды или легковоспламеняющихся и горючих жидкостей путем перевода их в паровую фазу при помощи тепловой энергии, причем

количество и качество абсолютно сухого материала остаются постоянными.

Процессы сушки широко распространены в промышленности. Достаточно сказать, что удаление летучих растворителей из готовых изделий или полуфабрикатов путем тепловой сушки производят при процессах окраски, изготовлении клеенки и гранитоля, киноленты, целлулоида и целлулоидных изделий, искусственных шелков, искусственной кожи и т. д.

Процесс сушки подчинен сложным физическим законам.

Теория процесса сушки и методы расчета сушилок разработаны русскими и советскими учеными. Еще в 1904 г. П. С. Косович сформулировал основные положения механизма процесса сушки, которые легли в основу всех расчетов. Л. К. Рамзин в 1918 г. на пять лет раньше Молье разработал диаграмму влажного воздуха. В настоящее время эта диаграмма служит основой тепловых расчетов и анализа работы сушилок.

Большой вклад в дело изучения процессов сушки внесли: М. Ю. Лурье, Н. В. Лыков, Г. К. Филаненко, И. И. Палеев и др.

За последние годы наши ученые проделали большую работу по изучению законов движения влаги в материале, ее испарения и скорости протекания процессов сушки.

ВИДЫ СУШИЛОК

Различают естественную и искусственную сушку. Сушилки, предназначенные для искусственной сушки, имеют много разновидностей, так как условия проведения процессов сушки весьма разнообразны.

По условиям работы сушилки можно разбить на две группы: атмосферные, т. е. сушилки, давление в которых равно атмосферному или незначительно отличается от него, и вакуумные, т. е. сушилки, давление в которых значительно ниже атмосферного.

Атмосферные сушилки имеют наиболее простое устройство и часто встречаются в промышленности.

Общая принципиальная схема сушильной установки представлена на рис. 61. Установка состоит из сушильной камеры 1, в которой размещается высушиваемый материал и происходит собственно процесс удаления влаги из материала; транспортных приспособлений 2, упрощающих процесс загрузки и разгрузки сушильной камеры; подогревателей 3, которые возмещают тепло, расходуемое на испарение жидкости и нагрев высушиваемого материала; побудителей движения 4, обеспечивающих обмен насыщенного парами воздуха или газа в камере.

Устройство сушильной камеры зависит от вида высушиваемого материала, способа сушки и способа транспортировки материала. Так, камера для высушивания окрашенных кузовов автомобилей существенно отличается от камеры для сушки киноленты, а сушилка для пороха значительно отличается от су-

шилки для клеенки. Объем камеры зависит не только от производительности сушилки, но также от способа сушки и размещения высушиваемого материала.

Сушилки бывают периодического и непрерывного действия. В периодически действующих сушилках высушиваемый материал размещают на тележках, вагонетках, противнях или подвешивают. В непрерывно действующих сушилках размещение материала зависит от типа установки. В сушилках туннельного типа материал перемещается на вагонетках или по транспортеру; ленточного типа — по бесконечно движущимся лентам; петлевого типа — по лентам, имеющим вид подвешенных петель; барабанного типа — по наклонному вращающемуся барабану.

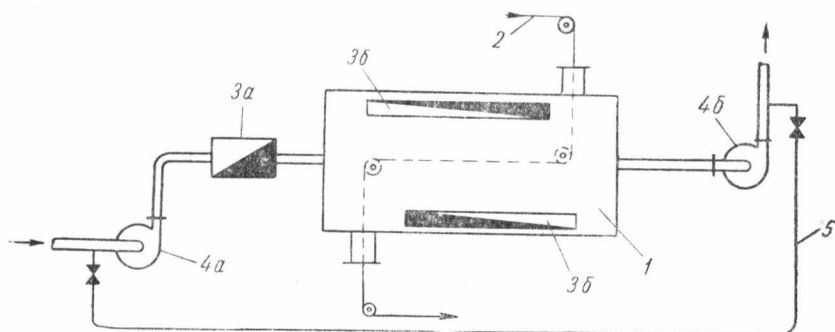


Рис. 61. Принципиальная схема сушильной установки:

1 — сушильная камера; 2 — транспортные приспособления; 3 — подогреватели среды (а и б); 4 — побудители движения среды (а и б); 5 — рециркуляционная линия.

К непрерывно действующим сушилкам относятся также распылительные (с механическим или пневматическим распылением материала); вальцовые (одно-, двух- и многовальцовые); шахтные (сыпучий материал перемещается сверху вниз по вертикальной шахте) и др.

Во всех сушилках испарение жидкости происходит за счет подогретого воздуха, циркулирующего по сушильной камере, или реже за счет каких-либо других газов. Воздух подогревается чаще всего паровыми подогревателями (см. рис. 61), расположенными либо вне камеры (3, а), либо внутри ее (3, б).

Кроме паровых подогревателей, в сушилках могут применяться огневые калориферы и электрические подогреватели.

Побудителями движения воздуха в системе чаще всего служат вентиляторы. Сушилка может иметь вентилятор (4, а), установленный перед камерой (тогда камера будет работать при некотором положительном давлении), или вентилятор (4, б), расположенный после камеры (тогда камера будет работать под некоторым разрежением). Реже установка имеет два вентилятора, как показано на схеме. Вентилятор (4, б) иногда заменяют дефлектором.

Одним из наиболее совершенных современных методов сушки лакокрасочных покрытий на основе различных синтетических смол является терморadiационная сушка тепловой энергией, излучаемой видимой или невидимой частью спектра инфракрасных лучей. При этом способе сушки в качестве нагревательных элементов чаще всего применяются осветительные лампы со специальными рефлекторами. Установка для терморadiационной сушки показана на рис. 62. Такие установки не имеют искусственной вентиляции (пары растворителей удаляются конвекционными потоками) и могут применяться при небольшом количестве удаляемых паров. Скорость высыхания в терморadiационных сушилках значительно выше, чем в обычных.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СУШИЛОК

Сушилки для удаления летучих растворителей из изделий или полужаготовков представляют значительную пожарную опасность. В сушильных камерах возможно образование взрывоопасных смесей и постоянно имеется горячая среда в виде подсушиваемых материалов, находящихся при повышенной температуре. Поэтому появление источника воспламенения может вызвать пожар и даже взрыв сушильной камеры.

Рассмотрим более подробно характер горючей среды сушилок.

Подавляющее большинство атмосферных сушилок работает на концентрациях паров летучих жидкостей в воздухе ниже нижнего предела взрыва. Образование взрывоопасных концентраций в камерах этих сушилок возможно только при нарушении режима эксплуатации или возникновении неисправностей.

Концентрация паров в воздушном объеме возрастает при увеличении поверхности испарения, повышении его интенсивности, уменьшении кратности обмена воздуха, а также при работе сушилки с большим коэффициентом возврата воздуха.

При увеличении поверхности испарения возрастает объем паров, приходящихся на единицу объема сушилки. Это наблюдается обычно при перегрузке сушилок высушиваемым материалом.

Количество выделяющихся паров возрастает также при увеличении интенсивности испарения, т. е. повышении скорости па-

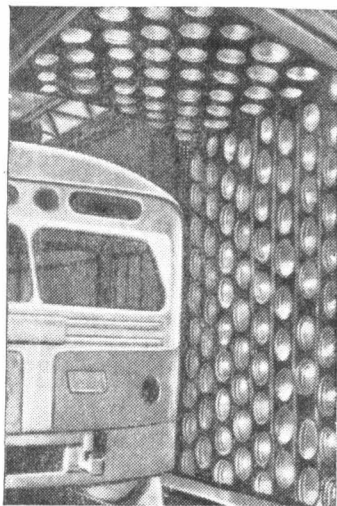


Рис. 62. Ламповая сушилка для сушки окрашенных троллейбусов.

рообразования с единицы поверхности высушиваемого материала. Это наиболее часто происходит при повышении температуры в сушилке против нормальной и при увеличении влажности (до некоторого предела) высушиваемого материала.

Уменьшение кратности обмена воздуха в сушильной камере, при том же количестве выделяющихся паров (если считать скорость испарения постоянной), неизбежно приводит к увеличению их концентрации. Это наблюдается при снижении производительности вентилятора (уменьшение числа оборотов, неправильное направление вращения и т. п.), увеличении сопротивления линии (засорение фильтров, подогревателей, решеток, неправильная регулировка шиберов и т. п.), а также при неисправностях линий между сушилкой и вентилятором (образование отверстий при динамических повреждениях, коррозии и т. п.). Наиболее опасна остановка вентилятора, т. е. полное прекращение циркуляции воздуха. В этом случае пары из системы совершенно не отводятся и концентрация их быстро возрастает.

При работе сушилок с частичным возвратом воздуха концентрация паров может постепенно повышаться и достигать опасных значений. Сущность этого процесса заключается в следующем.

Некоторые сушилки (см. рис. 61) для экономии расходуемого топлива или смягчения процесса сушки проектируют так, чтобы из них выбрасывалась только часть отработанного воздуха, а остальная часть, смешиваясь со свежим воздухом, вновь направлялась в камеру (рециркуляция воздуха). Вследствие этого воздух, поступающий в сушилку, уже содержит некоторое количество паров горючей жидкости. Отношение количества воздуха, направляемого обратно в сушилку, к общему количеству воздуха, проходящего по сушилке, называется коэффициентом возврата или рециркуляции. Если действительный коэффициент возврата будет больше расчетной величины, то воздух будет постепенно насыщаться парами и в системе образуется взрывоопасная смесь. Работа с большим коэффициентом возврата обычно характерна для холодного времени года.

При анализе пожарной опасности следует иметь в виду особенность сушилок периодического действия. В то время как в сушилках непрерывного действия при работе выделяется одинаковое количество паров, в сушилках периодического действия наибольшее количество паров выделяется в первый период сушки, а затем скорость испарения резко понижается. Следовательно, нарушения нормального режима работы сушилок периодического действия особенно опасны в первый период сушки.

Сушке подвергаются различные материалы и изделия. Очень часто они представляют собой органические горючие вещества. Например, при сушке окрашенных изделий приходится иметь дело с деревом, тканью, волокнистыми материалами; при сушке киноплёнки и целлулоида — с нитроцеллюлозой и т. д. В про-

цессе сушки эти вещества нагреваются до определенной температуры и тем самым подготовляются к быстрому горению.

Горючие материалы могут находиться не только в высушиваемых предметах и изделиях, но и в транспортных приспособлениях и даже в конструктивных элементах сушилки. Иногда вагонетки, тележки, стеллажи выполняются из дерева; в некоторых случаях сушилки имеют сгораемую теплоизоляцию.

Таким образом, характерной особенностью некоторых сушилок, кроме возможности образования взрывоопасных концентраций, является сосредоточение на сравнительно небольшой площади значительного количества горючих материалов, находящихся в нагретом состоянии.

Возможные источники воспламенения. Источниками воспламенения горючих веществ в сушильной камере чаще всего служат: нагретые поверхности системы обогрева; теплота, вызываемая механическими воздействиями при неисправностях вентиляционной или транспортирующей системы; теплота химических реакций при самовозгорании высушиваемых материалов. Не исключена также возможность занесения в камеру источников открытого огня при грубом нарушении режима эксплуатации.

Температура воздуха в камере обычно в несколько раз ниже температуры самовоспламенения высушиваемых горючих веществ и тем более образующихся при этом паровоздушных смесей.

Хотя температурные режимы в сушилках не одинаковы и зависят от многих факторов, но они редко превышают 100 или 110° С. Для поддержания такой температуры воздуха в сушилке достаточна температура поверхности нагревательных (паровых) элементов в пределах 140—150° С. Элементы, нагретые до такой температуры, не могут непосредственно вызвать воспламенения взрывоопасных паровоздушных концентраций, но могут явиться причиной самовозгорания отложений органической пыли и частиц высушиваемого материала. Кроме того, при попадании на поверхность нагретых элементов или соприкосновении с ней высушиваемых нитросоединений (целлулоида и изделий из него, нитроокрасок и нитролаков) может произойти их разложение с последующим воспламенением, так как они способны самовоспламеняться при температуре около 140—160° С. Образовавшиеся очаги местного повышения температуры могут воспламенить высушиваемый материал и взрывоопасные смеси, если они имеются в сушилке.

Это подтверждается следующим примером.

На одной из зарубежных фабрик изготавливали искусственный фетр для шляп путем обработки сукна нитролаками. Обработанные нитролаками колаки шляп поступали в сушилку для удаления летучего растворителя. Сушилка представляла собой камеру, выполненную из негорючих материалов. Температурный режим сушки не превышал 60—70° С. Воздух нагревался паровыми змеевиками, расположенными в самой камере под решетчатым полом. Циркуляция воздуха обеспечивалась вентилятором, находящимся на линии за сушилкой.

В день взрыва сушилки вентиляционная система не работала в связи с демонтажем привода вентилятора. Вытяжка производилась естественным путем. Взрыв произошел в полдень. Силой взрыва были разрушены сушильная камера и часть оборудования производственного помещения.

Причиной взрыва, по заключению специалистов, явилось попадание капель нитролака на теплообменную поверхность парового змеевика, имеющего температуру около 145°С. Нитроклетчатка, находясь длительное время под воздействием сравнительно высокой температуры, начала разлагаться и самовоспламенилась. Это вызвало воспламенение взрывоопасной концентрации, которая образовалась в результате уменьшения кратности обмена воздуха в сушильной камере.

Других источников воспламенения не могло быть, так как камера не имела освещения и в нее никто не входил.

Воспламенение взрывоопасных концентраций от искр при ударе металла о металл и перегреве трущихся частей может произойти в результате неправильного выбора материала вентилятора и транспортных приспособлений или вследствие отсутствия контроля за их состоянием и нормальной смазкой.

Высушиваемый материал может воспламениться в результате длительного воздействия источников тепла при остановке транспортирующих приспособлений конвейерных или других непрерывно действующих сушилок. В этом случае неподвижные высушиваемые изделия подвергаются длительному воздействию теплового излучения источников тепла.

В ламповых сушилках пожары возникают при механическом повреждении колбы лампы и при падении ее вследствие размягчения мастики, крепящей колбу к цоколю. Раскаленная спираль лампы, соприкасаясь с изделием или с отходами на полу, воспламеняет их.

При сушке тканей, на которые нанесены масляные лакокрасочные материалы (проолифленные брезенты, водозащитные и газонепроницаемые ткани), возможно их самовозгорание даже при температуре воздуха в сушилке 80—100°С.

На одном из заводов обрабатывали брезенты для чехлов с целью придания им водозащитных свойств и увеличения долговечности. Обработку вели специальным составом олифы, изготовленной на растительном масле, с последующей сушкой при температуре около 80°С. Сушка продолжалась в течение 6—8 час. Сушилка была периодического действия. Пожар возник через 3,5 часа после начала сушки. Было установлено, что причиной его явилось самовозгорание проолифленного брезента, недостаточно хорошо расплавленного при подвеске. Других причин воспламенения не могло быть, так как воздух нагревался выносными подогревателями, а источники открытого огня попасть в сушилку не могли.

Некоторые сушильные камеры имеют электроосвещение и электрооборудование. При неправильном выборе их или при неисправности может возникнуть пожар.

В ленточных и распылительных сушилках возможно образование опасных зарядов статического электричества.

Взрывы в сушильных камерах весьма опасны, так как взрывчатые концентрации образуются в сравнительно больших объемах. Пожары в сушилках характеризуются большой скоростью сгорания, особенно в первый момент возникновения или при сво-

бодном доступе свежего воздуха. Если же свободный доступ воздуха в сушилку отсутствует, скорость горения постепенно снижается. В этом случае происходит процесс неполного сгорания с выделением большого количества газообразных продуктов термического разложения твердых веществ. Продукты разложения могут гореть и часто бывают нагреты выше температуры самовоспламенения. При открывании дверей или других проемов эти продукты выходят из сушилки и, смешиваясь с воздухом, могут самовоспламеняться, вызывая взрывообразное горение.

ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Для обеспечения безопасности сушилок, а также связанных с ними производственных помещений желательно сушильные камеры выносить из помещения или отделять их brandmauerом. Но очень часто сушилки для удаления летучих растворителей имеют сравнительно небольшие размеры и являются одним из звеньев цехового технологического потока. Поэтому они располагаются непосредственно в производственном помещении. Сушилки должны иметь ограждение и теплоизоляцию (если она необходима) из несгораемых материалов.

Все сушилки оборудуются самостоятельными вентиляционными системами, не связанными с общецеховой вентиляцией. Для предотвращения выхода паров летучего растворителя из сушильной камеры давление в ней необходимо поддерживать несколько ниже, чем давление воздуха в производственном помещении. Камеры периодического действия имеют плотно закрывающиеся двери или ворота, которые в процессе сушки (так же, как все другие проемы и отверстия) должны быть закрыты. Сушилки непрерывного действия, имеющие постоянно открытые проемы, следует рассчитывать так, чтобы скорость воздуха в этих проемах была не менее 0,75—1,2 м/сек — во избежание диффузии паров горючих жидкостей в цех.

Вентиляционная установка должна обеспечивать концентрацию паров в объеме сушильной камеры ниже нижнего предела взрыва. Обычно рабочую концентрацию сушилки принимают в полтора-два раза ниже нижнего предела взрыва, если работа сушилки не связана с пребыванием в ней людей. Для сушилок, работа которых требует постоянного или временного пребывания в камере людей, рабочая концентрация определяется санитарно-техническими нормами.

Удостовериться в правильности рабочей концентрации сушилки можно расчетным и опытным путем. Если известны количество горючей жидкости, удаляемой из сушилки в единицу времени, и допустимая концентрация паров в воздухе, то весовое количество воздуха определяют по формуле:

$$L = \frac{C_1}{K} \text{ кг воздуха/час или } L = \frac{C_1}{K_1} \text{ м}^3/\text{час},$$

где: C_1 — количество удаляемой жидкости в кг/час;
 K — предельно допустимая концентрация паров горючей жидкости в отходящем воздухе в кг/кг воздуха;
 γ — объемный вес воздуха (при температуре сушки) в кг/м³.

Предельно допустимую концентрацию устанавливают, исходя из ценности высушиваемых материалов, режима сушки и т. п., но при всех условиях она должна быть меньше нижнего предела взрыва, т. е. $K = (0,5 \div 0,65)$ Н. П. В.

Количество удаляемой из материала жидкости определяют, зная производительность сушилки и содержание влаги в материале, по формуле:

$$C_1 = Q \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} \text{ кг/час,}$$

где: Q — часовая производительность сушилки по сухому материалу в кг;

ω_1 — содержание влаги в материале перед сушкой в %;

ω_2 — содержание влаги в материале после сушки в %.

Сверив полученное количество удаляемого из сушилки воздуха (L) с производительностью вентилятора (по паспорту), можно сделать вывод о правильности работы сушилки.

Опытным путем рабочую концентрацию определяют взятием пробы воздуха, удаляемого из сушилки, на анализ.

Для каждой сушилки должны быть установлены предельно допустимая норма загрузки высушиваемым материалом и предельно допустимый температурный режим работы. Чтобы иметь возможность контролировать температуру воздуха в камере, сушилки оборудуют термометрами (ртутными или дистанционными).

Для постоянного наблюдения за концентрацией паров удаляемой жидкости в камерах мощных и наиболее пожароопасных сушилок целесообразно устанавливать анализаторы воздуха, автоматически сигнализирующие о появлении недопустимых концентраций. Если установка анализаторов невозможна, то следует предусматривать автоматическую сигнализацию в вентиляционной системе, предупреждающую об уменьшении производительности или остановке вентиляторов.

Сушилки, работающие с возвратом воздуха, должны иметь четко видимое обозначение о предельно допустимом закрытии шиберов на выкидной линии или должны быть оборудованы ограничителями. Необходимо следить, чтобы сушилка не работала с коэффициентом рециркуляции больше положенного.

Если сушка материала при обычных условиях связана с наличием высоких концентраций паров, лежащих в пределах взрыва, нужно применять вакуумные сушилки или сушилки с инертной средой вместо воздуха.

Транспортные приспособления следует выполнять из негорючих материалов, а приводы располагать вне сушильной камеры.

Во избежание образования искр от механических ударов при-творы дверей следует изготавливать из материалов, не дающих искр, лопасти или ротор вентилятора на выкидной линии — из мягкого металла, ободы колес вагонеток или рельсы — также из мягкого металла.

При сушке нитросоединений и органических соединений, способных образовать пыль, нагревательные элементы надо располагать вне сушильной камеры, т. е. в сушилку подавать уже нагретый воздух (например, при сушке киноплёнки, целлулоида, нитрокрасок и т. п.).

В некоторых случаях допускается устанавливать нагревательные элементы внутри камеры, но при условии расположения их по периметру боковых стен. Расстояние между нагревательными элементами и высушиваемыми изделиями должно гарантировать невозможность их соприкосновения, а также перегрева лучеиспусканием.

Нагревательные элементы должны быть доступны для всестороннего осмотра и чистки. В качестве подогревателей безопаснее применять змеевики (калориферы) с гладкой поверхностью, обогреваемые водой или паром (в зависимости от требуемой рабочей температуры).

При сушке инфракрасными лучами для каждой сушилки необходимо устанавливать предельно допустимое расстояние от ламп до высушиваемой поверхности. Это расстояние зависит от мощности ламп и вида высушиваемого материала. Требования к установке ламп и монтажу электропроводки должны соответствовать «Правилам устройства электротехнических установок».

Во всех ламповых сушилках и других сушилках радиационного типа с непрерывным движением высушиваемых изделий нужно предусматривать приспособление для автоматического отключения системы обогрева при внезапной остановке конвейера или соответствующую сигнализационную систему (тревожную).

При сушке волокнистых изделий, окрашенных или пропитанных масляными лаками, олифами и другими жидкостями, склонными к самовозгоранию, необходимо следить, чтобы они были расправлены, не находились в куче. Для предупреждения самовозгорания окрашенных волокнистых материалов целесообразно подмешивать к масляному лаку, олифе и другим жидкостям, способным к самовозгоранию, небольшое количество (около 1%) антиокислителей (ингибиторов), например, бетанафтола ($C_{10}H_7OH$).

Все виды ленточных и распылительных сушилок нужно оборудовать надежным заземлением.

Во избежание разрушения конструкции сушилок при взрыве закрытые сушильные камеры должны иметь легкое покрытие или предохранительные клапаны (взрывные панели). Их располагают так, чтобы взрывная волна направлялась в наиболее безопасную сторону.

В процессе эксплуатации сушилок необходимо следить за регулярностью очистки сушильных камер, подогревателей, воздухопроводов, фильтров и транспортных приспособлений от пыли и других отложений, а также за состоянием и качеством смазки трущихся поверхностей.

Для локализации возникшего пожара на линиях подачи свежего воздуха и на отсасывающих линиях следует устанавливать автоматически закрывающиеся задвижки.

Сушилки должны быть обеспечены достаточным количеством средств пожаротушения. При сушке нитросоединений обязательно устройство спринклерной системы. Сушилки для окрашенных деревянных изделий и других легкосгораемых материалов, при наличии спринклерной системы в производственном помещении, также должны быть спринклерованы. Для закрытых сушилок можно рекомендовать стационарные установки объемного тушения.

Вблизи сушилок следует устанавливать внутренние пожарные краны, огнетушители и ящики с песком в соответствии с нормами ГУПО.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава IX

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сырьем для получения почти всех видов моторных топлив и смазочных материалов служит нефть. Из нефти получают также разнообразные химические продукты, начиная от растворителей и кончая синтетическим каучуком и искусственными алмазами.

Нефть представляет собой очень сложную смесь большого количества взаимнорастворимых органических соединений. Углеводороды, составляющие нефть, имеют различные молекулярные веса, а следовательно, и различные температуры кипения. Это и позволяет получать из нефти разнообразные нефтепродукты.

При разделении нефти на отдельные составные части путем ее нагревания можно выделить группы веществ, обладающих различными свойствами. Так, при температуре до 150—200° С выделяются легкоподвижные и прозрачные, легкоиспаряющиеся бензины. По мере повышения температуры выделяющиеся из нефти продукты становятся все более и более тяжелыми, менее подвижными и более темными. Из нефти, нагревая ее до 300—350° С, кроме бензинов, можно получить лигроин, керосин, соляровое масло и мазут.

Разделение нефти тепловым способом на составляющие фракции с определенными интервалами температур выкипания производят на установках первичной перегонки нефти.

Важнейшим продуктом, получаемым из нефти, является легкое моторное топливо. Количество бензиновых фракций, выделяющихся из нефти при первичной перегонке, зависит только от ее состава: чем легче нефть, тем больше выход бензиновых фракций. Однако бензиновых фракций в нефти сравнительно немного — их количество редко превышает 20—25%. Следовательно, только первичной перегонкой большого количества легкого моторного топлива получить из нефти нельзя. Для того чтобы удовлетворить огромную потребность страны в моторном

топливе, выход легких фракций увеличивают воздействием на сложные и тяжелые молекулы нефтепродуктов высокой температуры и повышенного давления. Это приводит к распаду больших молекул на более мелкие молекулы.

Такой процесс переработки нефти и ее продуктов называется крекингом. Он осуществляется на крекинг-установках.

Легкое моторное топливо можно получить также путем улавливания соответствующих углеводородов из естественного газа на газобензиновых установках (абсорбционных и адсорбционных) или искусственным путем из некоторых твердых веществ (каменный уголь, сланцы и т. п.) на заводах искусственного жидкого топлива.

Мазут при перегонке дает различные минеральные масла (соляровое, веретенное, машинное, парафиновое, цилиндровое, автолы и др.), а также битумы и гудроны. Для снижения температурного режима, а следовательно, уменьшения нежелательных процессов разложения тяжелых молекул перегонку мазута производят под разрежением на вакуумных установках.

Нефтепродукты любого вида, как светлые, так и темные, для придания им неизменяющихся при хранении свойств подвергают очистке на специальных очистных установках (химических и адсорбционных).

Все перечисленные установки входят в состав нефтеперерабатывающей промышленности. Кроме них, к этой промышленности относится большое количество установок по дальнейшей переработке нефтепродуктов, например: асфальтовые и коксовые, установки по производству нафталина, парафина, церезина, ароматических углеводородов и других химических веществ.

Остановимся на изучении наиболее распространенных производств — первичной перегонке нефти и крекинг-процессе.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ И КРЕКИНГА НЕФТЕПРОДУКТОВ

а) Первичная перегонка нефти

Под первичной перегонкой нефти понимают совокупность физических процессов, направленных на получение из нефти дистиллатов с различными температурами кипения. Этот процесс обязательно включает нагревание нефти, фракционирование образующихся паров, конденсацию и охлаждение продуктов перегонки. При загрязнении нефти водой или различными солями ее предварительно очищают на обезвоживающих или обессоливающих установках.

Установки по перегонке нефти появились в России очень давно. Уже в 1746 г. на реке Ухте работал нефтяной завод Федора Прядунова. В 1823 г. крепостной крестьянин Василий Дубинин и его братья построили около г. Моздока нефтеперегонный

завод и стали получать керосин в промышленном масштабе. Несколько позднее Воскобойников построил керосиновый завод в Балаханах, недалеко от Баку.

С ростом спроса на керосин в России начала быстро развиваться нефтеперерабатывающая промышленность. В 1873 г. инж. Тавризлов применил принцип непрерывной перегонки нефти на заводе в Кушле, около Баку. В 1883 г. русские инженеры на заводе Нобеля в Баку построили кубовую батарею непрерывного действия. Это была первая в мире непрерывно действующая кубовая установка. В усовершенствовании и реконструкции этой установки активное участие принимал Д. И. Менделеев.

Рассмотрим одну из современных технологических схем установки первичной перегонки нефти (рис. 63).

Сырая нефть насосом 1 прокачивается через теплообменники 2 и 3 и, подогревшись в них до $80-90^{\circ}\text{C}$, поступает в водогрейноотделители 4. Отсюда нефть проходит через теплообменники 5, где нагревается до температуры около 150°C и поступает в предварительный испаритель 6. В испарителе от нефти отделяются наиболее легкие бензиновые пары, которые направляются в основную ректификационную колонну (как показано на рисунке) или прямо на конденсацию.

Нефть, освобожденная от наиболее легкого бензина, забирается из испарителя горячими насосами 7 и прокачивается через змеевики двух параллельно работающих трубчатых печей 8. В трубчатых печах нефть нагревается до температуры $330-350^{\circ}\text{C}$ (давление перед входом в печь $16-20\text{ атм}$) и поступает в основную ректификационную колонну 9. Здесь и в дополнительной колонне 10 происходит процесс ректификации паров нефти (см. стр. 100).

Из верхней части основной колонны отводятся бензиновые пары и пары воды, которые конденсируются в конденсаторе-холодильнике 11. Полученная смесь бензина, воды и несконденсировавшихся газообразных и парообразных продуктов поступает в скруббер-водоотделитель 12. Вода из скруббера-водоотделителя отводится в канализацию, часть бензина насосом 13 подается в колонну 9 на орошение, а оставшаяся часть бензина отводится в емкость готовой продукции. Газовая фаза проходит абсорбер для улавливания бензиновых паров и используется как топливо.

Из отгонных частей дополнительной колонны 10 получают лигроин, керосин и соляр. Эти дистиллаты направляются в холодильники 14 и отсюда поступают в приемники готовой продукции. Керосиновая фракция, перед тем как попасть в холодильник, прокачивается через первичный теплообменник 2.

Мазут, получающийся в нижней части основной колонны, насосом 15 прокачивается через теплообменники 5 и 3, затем через холодильник 16 и поступает в приемник готовой продукции.

Водяной пар, подаваемый в отгонные части колонн, предварительно перегревается в пароперегревателях трубчатых печей.

Таким образом, основными аппаратами установки являются: теплообменники, трубчатые печи, ректификационные колонны, холодильники, конденсаторы, насосы, трубопроводы и емкости с

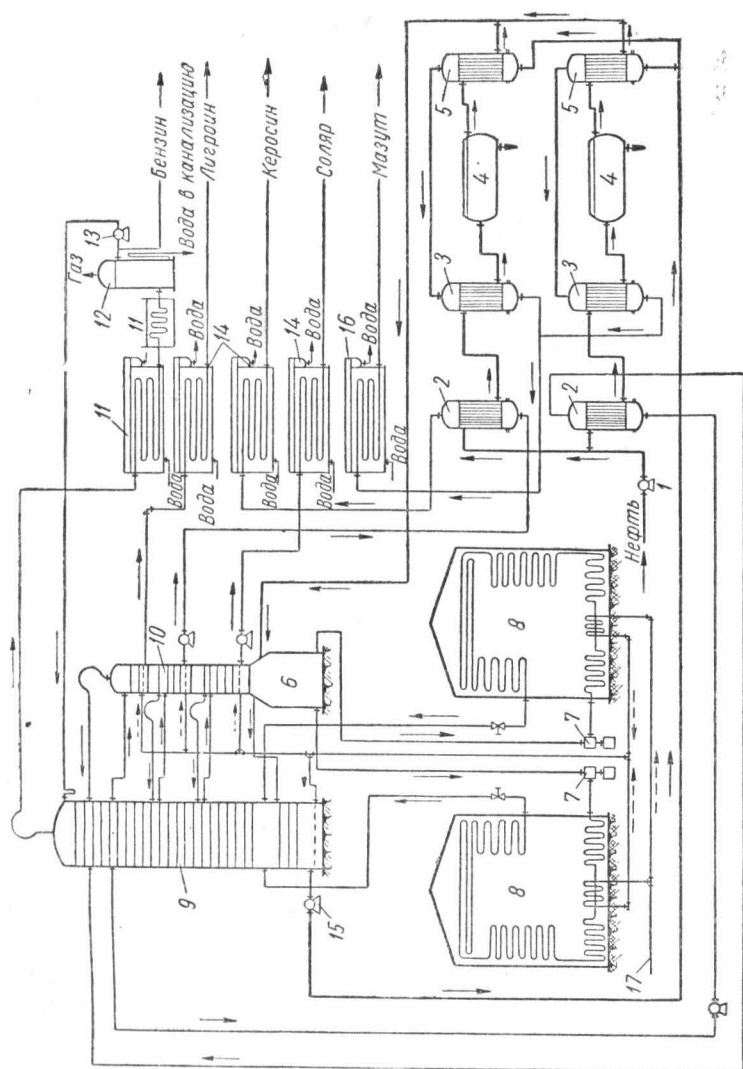


Рис. 63. Технологическая схема атмосферной перегонной установки с предварительным испарением
1 — сырьевой насос; 2, 3 и 5 — теплообменники; 4 — воло-гязеотделитель; 6 — предварительный испаритель; 7 — горячие насосы; 8 — трубчатые печи; 9 — основная ректификационная колонна; 10 — дополнительная (отгонная) колонна; 11 — конденсатор-холодильник; 12 — скруббер-водоотделитель; 13 — насос орошения; 14 — холодильник промежуточных фракций; 15 — мазутный насос; 16 — холодильник мазута; 17 — линия водного пара.

нефтепродуктами. Они встречаются на всех установках первичной перегонки нефти, но соединение их может быть различным.

Внешний вид трубчатой установки первичной перегонки нефти показан на рис. 64.

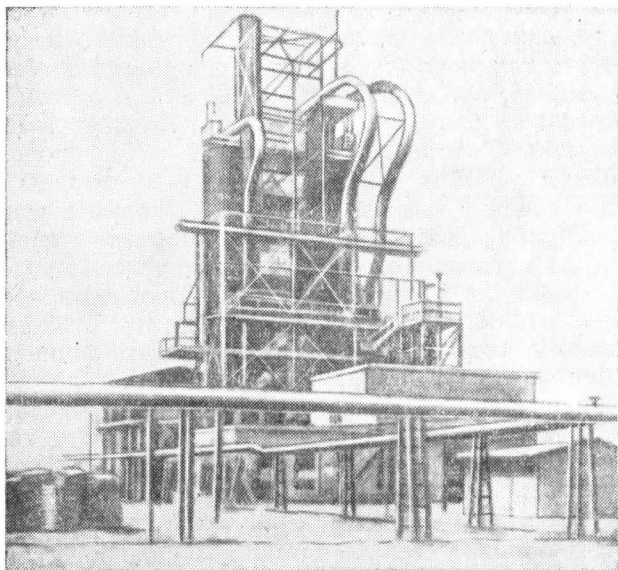


Рис. 64. Общий вид трубчатой установки первичной перегонки нефти.

б) Крекинг нефтепродуктов

До конца XIX века основным продуктом переработки нефти был керосин, а бензин являлся отходом производства и уничтожался. Еще в 1902 г. бакинские заводчики спускали бензин в море или сжигали его в специальных печах.

После создания и быстрого распространения карбюраторных двигателей основным продуктом переработки нефти стал бензин. Большая потребность в бензине, начиная с первой четверти XX века, вызвала необходимость превращения тяжелых нефтепродуктов в легкие моторные топлива. В это время появляются первые промышленные крекинг-установки.

Мысль о возможности расщепления нефти была высказана Д. И. Менделеевым еще в конце XIX века. Практическое выполнение эта мысль получила в проекте В. Г. Шухова, разработанном им в 1890 г. Однако в царской России проект В. Г. Шухова не был осуществлен. Только через много лет (1916 г.) изобретение Шухова получило широкое распространение в Америке, а оттуда оно вернулось на родину под английским названием «крекинг», что обозначает расщепление, разложение.

Сущность крекинг-процесса заключается в том, что при определенных температурах и давлении крупные молекулы углеводородов расщепляются на более мелкие примерно посередине цепочки. Как показали исследования, одна из этих половинок

представляет собой более легкий предельный углеводород, а другая — непредельный. Например, октан C_8H_{18} расщепляется на бутан C_4H_{10} (предельный углеводород) и бутилен C_4H_8 (непредельный углеводород). Так как непредельные углеводороды способны к полимеризации, то они, соединяясь, образуют более сложную молекулу нормального строения или изостроения.

Следовательно, при крекинг-процессе, кроме расщепления тяжелых молекул на более мелкие, может происходить соединение молекул нормального строения в молекулы углеводородов кольчатого строения и изостроения. Предельные углеводороды изостроения и углеводороды с замкнутой цепочкой (ароматические, полиметиленовые) обладают более высокими антидетонационными свойствами по сравнению с предельными углеводородами нормального строения, которые составляют основную массу бензинов первичной гонки. Под антидетонационными свойствами топлив понимают способность их сгорать без детонации при высоких степенях сжатия в цилиндре двигателя. Антидетонационные свойства жидких топлив измеряются октановым числом.

Таким образом, крекинг-процесс применяется не только для получения легкого топлива из более тяжелых его сортов, но и для изменения химического строения молекул бензиновых фракций первичной гонки для повышения октанового числа бензина.

Все разновидности современных крекинг-процессов можно разбить на две группы: термические и каталитические.

Рассмотрим технологическую схему одного из видов термического крекинга (рис. 65).

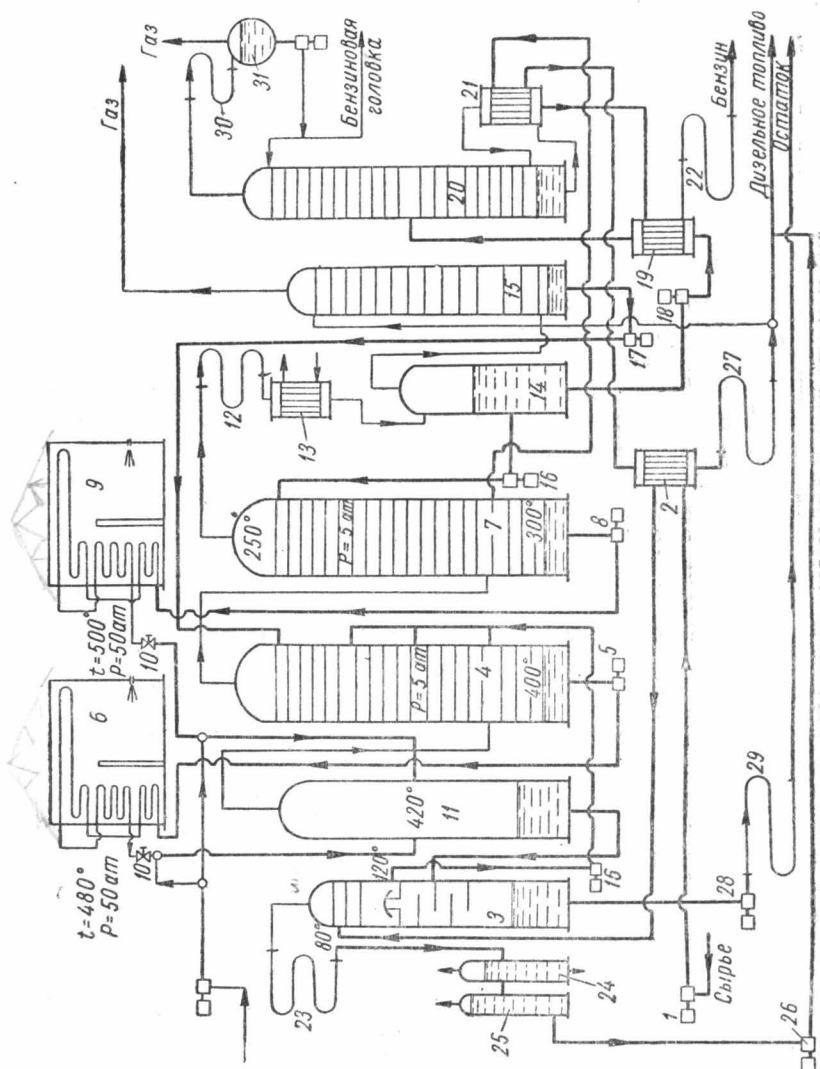
Важнейшую роль в крекинг-установке играют трубчатые печи, в которых под воздействием высокой температуры (до $500^\circ C$) и высокого давления (до 50 атм) происходят реакции расщепления молекул с образованием новых соединений. При этом получают разнообразные углеводороды, входящие в состав бензинов, дизельного топлива, тяжелых остатков и крекинг-газа, а также значительное количество твердых веществ (нефтяного кокса). Во всех остальных аппаратах установки осуществляется подготовка сырья к крекированию и происходит разделение полученной из трубчатых печей сложной смеси углеводородов на соответствующие фракции.

Сырье, подлежащее крекированию (чаще всего мазут), сырьевым насосом 1 прокачивается через теплообменник 2 и при температуре около $80^\circ C$ поступает в верхнюю часть вторичного испарителя 3. В нижней части испарителя находится крекинг-остаток с температурой около $400^\circ C$. Верхняя часть испарителя отделена от нижней; благодаря этому мазут не может стекать вниз и смешиваться с крекинг-остатком, а пары снизу свободно проходят вверх.

Горячие пары, поступая в более холодный мазут, частично конденсируются и в то же время обогащаются его соляровыми фракциями, одновременно нагревая мазут до $100-120^\circ C$. После этого мазут подается в первую ректификационную колонну 4.

Рис. 65. Технологическая схема двухлучной крекинг-установки системы Нейтрекорта:

1 — сырьевой насос; 2 — сырьевой теплообменник; 3 — вторичный испаритель; 4 — первичная колонна; 5 — горячий насос; 6 — печь легкого крекинга; 7 — вторичная колонна; 8 — горячий насос; 9 — печь глубокого крекинга; 10 — редукционные клапаны; 11 — первичный испаритель; 12 — конденсатор; 13 — холодильник; 14 — газосепаратор; 15 — абсорбционная колонна; 16, 17 — насосы орошения; 18 — насос; 19 — теплообменник; 20 — стабилизационная колонна; 21 — выносной подогреватель; 22 — холодильник; 23 — конденсатор; 24 — вододелитель; 25 — промежуточная емкость; 26 — назельный топливный; 28 — назельный остаток; 29 — холодильник остатка; 30 — конденсатор паров бензиновой головки; 31 — промежуточная емкость.



Крив. ось.

Из нижней части колонны 4 флегма (смесь частично отпаренного мазута и тяжелого соляра) с температурой 370—400° С забирается горячим насосом 5 и при давлении 50 атм подается в печь легкого крекинга 6. Из нижней части второй ректификационной колонны 7 флегма с температурой 320—330° С забирается горячим насосом 8 и при давлении 50 атм подается в печь глубокого крекинга 9. Проходя по змеевикам трубчатых печей и нагреваясь в печи легкого крекинга до 480° С, а в печи глубокого крекинга — до 500° С, флегма крекируется, причем получающиеся продукты крекинга в обеих печах примерно одинаковы.

По выходе из печей сложная смесь углеводородов проходит через редукционные клапаны 10 и поступает в первичный испаритель 11. Температура в этом испарителе равна примерно 420° С, а давление — 5—7 атм. Испаритель представляет собой пустотелый цилиндр, в котором паровая и газовая фазы отделяются от неиспаряющегося крекинг-остатка и от кокса.

Из первичного испарителя пары и газы проходят последовательно в первую и вторую ректификационные колонны. При этом паровая фаза укрепляется бензиновыми углеводородами, так что из верхней части второй колонны выходит смесь паров бензина и газа с температурой около 220—250° С.

Пройдя через конденсатор 12 и холодильник 13, смесь поступает в газосепаратор 14. Здесь жидкая часть отделяется от несконденсировавшихся продуктов. Окончательное улавливание из крекинг-газа бензиновых углеводородов происходит в абсорбционной колонне 15. Отсюда крекинг-газ поступает на утилизацию, а насыщенный абсорбент насосом 16 подается на орошение первичной колонны.

Часть жидкой фазы из газосепаратора насосом 17 подается на орошение вторичной колонны, а остальная часть забирается насосом 18 и через теплообменник 19 в подогретом состоянии направляется в стабилизационную колонну 20. В этой колонне от бензина отгоняются наиболее легкие бутано-пропановые фракции, называемые бензиновой головкой. Из нижней части колонны крекинг-бензин проходит через выносной подогреватель 21, теплообменник 19 и холодильник 22, а затем поступает в емкость.

Остаток, получающийся в первичном испарителе 11, силой внутреннего давления перекачивается на верхнюю полку нижней части вторичного испарителя 3. Паровая фаза из вторичного испарителя поступает в конденсатор 23, проходит водоотделитель 24, промежуточную емкость 25 и насосом 26 подается в емкость дизельного крекинг-топлива. В ту же емкость поступает часть флегмы, отбираемой с нижних тарелок вторичной ректификационной колонны после использования ее тепла в выносном подогревателе 21, первичном теплообменнике 2 и холодильнике 27. Остаток из нижней части вторичного испарителя забирается насосом 28, охлаждается в холодильнике 29 и подается в емкость крекинг-гудрона.

Таким образом, в результате разделения продуктов, образующихся в процессе крекинга, получаются: крекинг-бензин с октановым числом около 70; бензиновая головка, используемая как жидкий топливный газ и как химическое сырье; дизельное крекинг-топливо; крекинг-газ; крекинг-остаток (гудрон); нефтяной кокс, отлагающийся на стенках первичного испарителя.

Примерные показатели работы установки следующие: суточная производительность — около 850 т, выход бензина — около 37%, крекинг-остатка — 50% и крекинг-газа — около 8% от начального сырья.

Из схемы видно, что основными аппаратами установки (так же как при первичной перегонке нефти) являются: трубчатые печи, теплообменники, ректификационные колонны, холодильники, конденсаторы, насосы, а также трубопроводы и емкости с нефтепродуктами.

В подавляющем большинстве случаев производственная аппаратура нефтеперерабатывающих заводов располагается на открытых площадках, за исключением насосов, контрольно-измерительных приборов и некоторых узлов задвижек, которые размещаются в закрытых помещениях.

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АППАРАТОВ И СООРУЖЕНИЙ

Общая характеристика пожарной опасности. Нефтеперерабатывающие заводы представляют большую пожарную опасность. Ее создают следующие факторы.

1. Наличие во всей производственной аппаратуре большого количества легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, их паров и газов. В некоторых аппаратах количество горючих жидкостей доходит до нескольких десятков тонн. Так, в одном кубе может находиться до 25 т нефтепродуктов, в сложной ректификационной колонне — до 30 т и более, в трубчатой печи — до 15 т и т. д., а всего в аппаратах одной крекинг-установки — до 150 т горючих жидкостей.

Температуры вспышки нефтепродуктов колеблются в очень широких пределах. По данным ЦНИИПО, нефтепродукты имеют следующие температуры вспышки: бензины — от -36 до -7°C , лигроины — от -7 до $+17^{\circ}\text{C}$, керосины — от $+15$ до $+60^{\circ}\text{C}$ и выше, мазуты — от $+60$ до $+120^{\circ}\text{C}$, минеральные масла — от $+120$ до $+220^{\circ}\text{C}$, сырые нефти — от -35 до $+36^{\circ}\text{C}$ и выше.

Из этих цифр видно, что в условиях производства нефтепродукты могут иметь температуру, лежащую в температурных пределах взрываемости их паров. Следовательно, они могут образовывать горючие смеси с воздухом при выходе паров из аппаратов или при попадании в аппараты воздуха.

Нижние пределы взрыва паров нефтепродуктов очень низки. Например: у бензинов — 1,1%; у керосинов — 2%.

Это показывает, что уже при небольшом количестве испарившейся жидкости или выходе паровой фазы может образоваться взрывоопасная концентрация.

2. Высокие рабочие температуры в аппаратах и наличие источников открытого огня, расположенных в непосредственной близости к аппаратам с горючими жидкостями (кубы, трубчатые печи, реакторы и т. п.). Рабочие температуры при первичной перегонке нефти ($320\text{--}350^\circ\text{C}$), крекинге нефтепродуктов (до 500°C) и производстве масел (до $350\text{--}370^\circ\text{C}$) не только значительно выше температуры вспышки перерабатываемых жидкостей, но также выше температуры самовоспламенения отдельных фракций. Так, температура самовоспламенения бензина — от 300 до 600°C , керосина — от 400 до 500°C , мазута — от 330 до 370°C , гудрона — от 270 до 320°C .

3. Наличие большого количества аппаратов, работающих под повышенным давлением ($50\text{--}70$ атм и выше). Это давление способствует образованию в аппаратах неплотностей и повреждений с выходом большого количества горючих жидкостей наружу.

4. Наличие разветвленной сети продуктопроводов и газопроводов, большого количества лотков, траншей, туннелей и сложной системы производственной канализации. Утечка жидкости и выход паров при наличии таких путей распространения пожара могут привести к быстрому распространению огня на большой территории.

В подтверждение пожарной опасности нефтеперерабатывающих заводов приведем два примера.

На одном из нефтеперерабатывающих заводов производилась перекачка бензиновой головки (бутано-пропановой фракции) из ректификационной колонны в горизонтальные емкости, расположенные на высоте $1,5$ м от уровня земли и работающие под давлением 7 атм. В результате неисправности контрольно-измерительных приборов и отсутствия на некоторых емкостях предохранительных клапанов в одной из них при переполнении давление резко возросло и произошел разрыв стенки. Разлетевшиеся при разрыве части емкости разрушили обваловку, окружающую хранилище, и повредили соседние резервуары. Излившийся продукт стал растекаться по территории, по лоткам и канализационной системе. При этом происходило интенсивное испарение. Пары бензиновой головки загазовали всю окружающую территорию и стали распространяться по направлению ветра на соседние установки. От искры работающего в стороне трактора пары воспламенились, и огонь мгновенно охватил очень большую площадь. Под угрозой разрыва оказались другие емкости и аппараты. Загорелись пропитанная нефтепродуктами теплоизоляция ректификационной колонны и теплообменники. Однако, несмотря на тяжелые условия, прибывшие подразделения пожарной охраны быстро локализовали пожар и через полтора часа полностью его ликвидировали.

На другом нефтеперерабатывающем заводе продуктовые и остатковые трубопроводы от нескольких установок были проложены до резервуарного парка по поверхности земли, в открытых лотках и частично в железобетонном туннеле. По трубопроводам прокачивались бензин, керосин, сырая нефть и мазут. Обратные клапаны и задвижки, кроме конечных, на всем протяжении труб отсутствовали. В процессе перекачки произошел разрыв бензинового трубопровода в районе туннеля. Авария не сразу была замечена. Значительное количество бензина стало поступать из туннеля в лоток и растекаться по территории, загазовывая ее. Растекающиеся пары бензина воспламенились от газовой горелки, установленной в одной из подсобных мастер-

ских. Высокая температура в зоне пожара вызвала разрывы других труб, что еще более увеличило количество горячей растекающейся жидкости. Создалась прямая угроза распространения пожара на производственные установки и резервуарный парк. Эта угроза была ликвидирована устройством песчаного вала на пути движения горячей жидкости и введением мощных водяных струй.

Приведенные примеры свидетельствуют о необходимости серьезной профилактической работы по предупреждению пожаров и взрывов. Как было указано выше, все нефтеперерабатывающие установки имеют аналогичные по назначению и конструктивному устройству технологические аппараты и сооружения. К ним относятся: огнедействующие аппараты, погоноразделительная и сепарационная аппаратура, теплообменная аппаратура, емкости с нефтепродуктами, насосы и насосные станции, нефтепроводы и продуктопроводы, производственная канализация.

Рассмотрим пожарную опасность и основные пожарно-профилактические мероприятия для данных групп аппаратов и сооружений.

Огнедействующие аппараты. Из огнедействующих аппаратов наиболее часто встречаются трубчатые печи (при первичной перегонке нефти, крекинге продуктов, производстве масел и искусственного топлива), кубы (керосиновые батареи, масляные установки, установки для производства нефтяного кокса) и реакторы. Причины пожаров и пожарно-профилактические мероприятия на этих установках подробно изложены на стр. 52.

Погоноразделительная и сепарационная аппаратура. В нефтеперерабатывающей промышленности применяется весьма разнообразная погоноразделительная и сепарационная аппаратура. К ней относятся ректификационные и испарительные колонны, абсорберы, газосепараторы и другие подобные аппараты. В пожарном отношении наиболее опасны испарительные и ректификационные колонны. При эксплуатации их могут образоваться неплотности и повреждения, в результате чего горючие жидкости и их пары выходят наружу или воздух засасывается внутрь.

Причины, вызывающие возникновение повреждений, и пожарно-профилактические мероприятия подробно изложены на стр. 101.

Емкости с нефтепродуктами. На всех нефтеперерабатывающих заводах имеются различные емкости с нефтепродуктами. Кроме специальных хранилищ нефти и нефтепродуктов (которые выделяются в самостоятельные зоны), на территории заводов могут располагаться промежуточные емкости, отстойники для очистки нефтепродуктов от грязи и воды (дегидраторы), мерники, мешалки и т. п.

Большинство этих аппаратов работает при атмосферном давлении, но они могут работать и при повышенных давлениях. Следовательно, горючая среда вне их создается только при утечке жидкости через неплотности и повреждения корпуса либо при выходе паровой фазы через незащищенные отверстия или дыхательные приспособления. В случае наличия внутри емкостей воз-

душного пространства там может образоваться взрывоопасная концентрация, если температура жидкости лежит в интервале температурных пределов взрыва ее паров.

Неплотности и повреждения вызываются химическим износом материала и различными динамическими воздействиями. Очень часто повреждения образуются вследствие переполнения емкости

при отсутствии измерителей уровня или неисправности предохранительных устройств. Если емкость не герметизирована, то переполнение ее приводит просто к излитию жидкости, но если емкость герметично закрыта, то при переполнении ее сильно повышается давление и может произойти разрыв стенок.

Источниками воспламенения наиболее часто являются: открытый огонь, удары металла о металл при проведении различных ремонтных работ, разряды статического электричества (особенно для аппаратов с мешалками и емкостей с верхним расположением наполнительных труб), самовозгорание отложений сернистого железа на стенках.

Во избежание образования в емкостях повреждений их изготавливают из материала, хорошо противостоящего коррозирующему действию нефтепродуктов. За состоянием емкостей необходимо постоянно наблюдать, проверяя их плотность и прочность в установленные инструкцией сроки.

Все емкости с нефтью и светлыми нефтепродуктами следует изготавливать герметизированными, с дыхательными приспособлениями или предохранительными клапанами. Если емкости работают при атмосферном давлении, дыхательное приспособление может быть выполнено в виде механических дыхательных клапанов резервуарного типа с огнепреградителем (см. рис. 90) или в виде газоотводящих труб с медной сеткой на конце. При расположении таких емкостей в производственном помещении газоотводящие трубы выводят из здания.

Если емкости работают под давлением выше атмосферного, например, емкости со сжиженными газами, вместо дыхательных

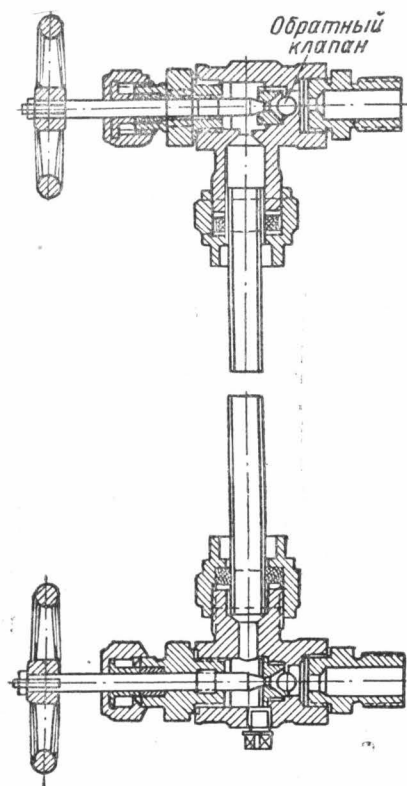


Рис. 66. Мерное стекло с обратными клапанами.

клапанов устанавливают два предохранительных клапана (рычажных или пружинных). Один из клапанов отрегулирован на рабочее давление в емкости, а другой — на максимально допустимое давление.

При расположении таких емкостей в помещении от предохранительных клапанов прокладывают отводную трубу, выведенную наружу. Нельзя допускать к эксплуатации емкости с отключенными или неисправными предохранительными клапанами, а также применять «утяжелители» и производить самовольную регулировку клапанов. Результаты проверки контрольных и предохранительных приборов заносятся в специальные журналы или карточки.

Резервуары, мерники, мешалки и напорные емкости снабжаются указателями уровня жидкости. Измерять уровень при помощи пробных краников нельзя. Устанавливать нефтемерные стекла также запрещается.

На аппаратах, работающих под небольшим давлением, в виде исключения разрешается применять мерные стекла с самозапирающимися при поломке кранами (рис. 66).

Указатели уровня должны быть безопасными в пожарном отношении. Очень часто применяются указатели уровня поплавкового типа и дифференциальные манометры (дифманометры). Уровнемеры поплавкового типа могут выполняться с дистанционным указанием уровня. Схема и внешний вид такого уровнемера приведены на рис. 67.

Прибор прикрепляют к крышке какого-либо люка. В корпусе прибора помещен шкив 8 со спиральной канавкой для укладки двух тросов. К одному концу троса прикреплен поплавок 2, а к другому — контргруз 1, уравнивающий вес поплавка. Поплавок и контргруз опускаются в емкость.

Угол поворота шкива 8 пропорционален перемещению поплавка. Диаметр шкива выбирают так, чтобы один полный оборот его соответствовал перемещению поплавка на 1 м.

Корпус прибора имеет шкалу 6 со стрелкой 7, показывающей высоту в сантиметрах. Высота в метрах читается в вырезе шкалы на диске 4, вращающемся при помощи шестерен 5 и 3. Для передачи показаний прибора на расстояние служат два датчика, один из которых А дает показания в метрах, а другой Б — в миллиметрах. Барабан 13 датчика А, вращаясь вместе с осью 9, передвигает винт 14 и включает поочередно контакты 12, которые замыкают цепь сеток электронных ламп усилителя, зажигая соответствующие лампы с указанием высоты налива в метрах. Контактная щетка 10 датчика Б, перемещаясь по кольцевому сопротивлению (реохорду) 11, нарушает равновесие автоматически уравновешенного моста и приводит в движение стрелку, которая показывает изменение уровня в миллиметрах.

Прибор взрывобезопасен, так как реохорд и контактное устройство герметически закрыты и залиты маслом. На случай

вытекания масла предусмотрено автоматическое устройство, отключающее электрическую часть.

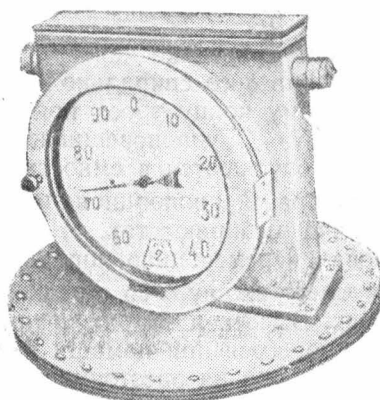
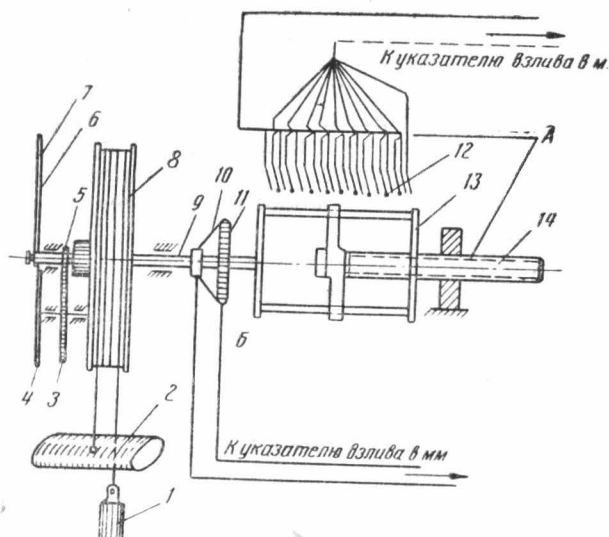


Рис. 67. Схема действия дистанционного указателя уровня:

1 — контргруз; 2 — поплавок; 3, 5 — шестерни; 4 — диск; 6 — шкала; 7 — стрелка; 8 — шкив; 9 — ось; 10 — контактная щетка; 11 — кольцевое сопротивление; 12 — контакты; 13 — барабан; 14 — винт; А, Б — датчики.

Если мерные резервуары, мешалки, напорные емкости и т. п. расположены на высоком фундаменте и наблюдение за уровнем жидкости затруднено, их оборудуют переливной трубой.

Опоры и фундаменты емкостей следует выполнять из несо-

раемого материала. Если несущие конструкции опор изготовлены из металла, то во избежание деформации при пожаре их необходимо защищать от воздействия высоких температур теплоизоляцией на высоту около 4 м.

При расположении на площадке группы аналогичных по назначению емкостей с нефтепродуктами необходимо ограничивать суммарный объем их в соответствии с действующими нормами (см. ПТУСП МНП 02—51). Например, при расположении в одной группе дегидраторов их суммарная емкость не должна превышать 600 м³.

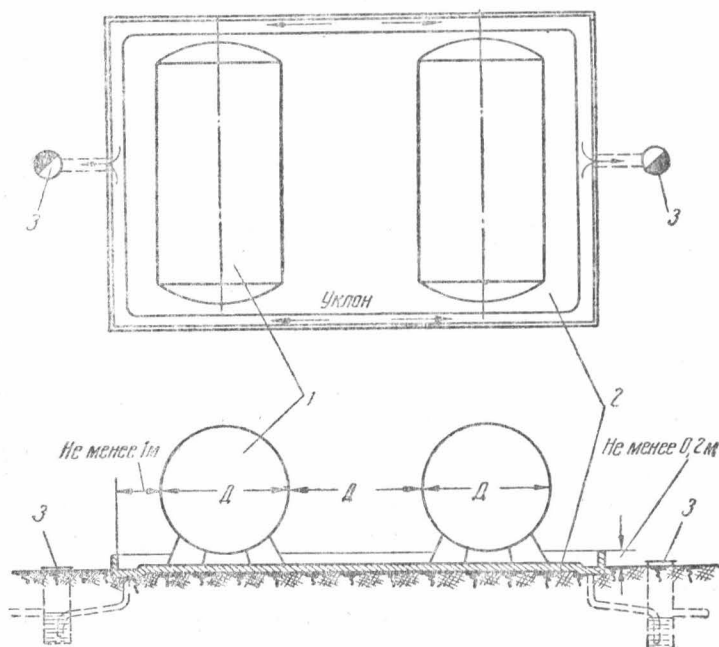


Рис. 68. Расположение емкостей на площадке:

1 — емкости с нефтепродуктами; 2 — бетонная площадка с желобами и барьером; 3 — канализационный колодец с гидрозатвором.

Площадка, на которой располагаются емкости (рис. 68), должна препятствовать растеканию жидкости по территории. Для этого по периметру площадки устраивают барьер высотой не менее 0,2 м, расположенный на расстоянии около 1 м от емкостей. Кроме того, площадку оборудуют стоками в канализацию через гидравлический затвор.

Особое место среди емкостей занимают аварийные резервуары. Они служат для быстрого опорожнения аппаратов и емкостей от горючих жидкостей при образовании повреждений или при возникновении пожара.

Аварийный резервуар представляет собой наземную или полуподземную закрытую емкость с дыхательной трубой. Непра-

вильно оборудованный и небрежно эксплуатируемый аварийный резервуар создает значительную пожарную опасность. В процессе аварийного слива внутри резервуара может образоваться взрывоопасная концентрация, воспламенение которой приводит к сильным разрушениям. Наличие в резервуаре воды при сливе высоконагретых нефтепродуктов создает опасность выброса или вскипания и возникновения пожара на большой площади.

Аварийные резервуары должны обеспечивать полный самостоятельный слив нефтепродуктов из трубчатых печей, ректификационных колонн, испарителей и других аппаратов через специальные аварийно-сливные трубы.

Резервуары устанавливают в наиболее низком и безопасном месте вне территории, занятой производственными установками. В отдельных случаях в виде исключения разрешается размещать резервуары на территории, занятой производственными установками, но на расстоянии не менее 40 м от них (в соответствии с нормами). Резервуары должны иметь коническое или наклонное днище для спуска или откачки воды. Внутренность резервуаров необходимо регулярно очищать от остатков и воды.

Перед спуском горючих жидкостей в аварийный резервуар его нужно заполнить водяным паром. Для этого резервуары оборудуют подводом паровых линий.

Во избежание растекания жидкости резервуары ограждают валом или сплошной стенкой либо опускают в котлован с таким расчетом, чтобы в свободном объеме обвалования или котлована вместились содержимое резервуара.

Теплообменная аппаратура. Теплообменные аппараты широко применяются на всех заводах нефтеперерабатывающей промышленности. Наибольшее распространение получили: теплообменники — типа «Бакинский рабочий» (см. рис. 8) и «труба в трубе» (рис. 69, а), холодильники и конденсаторы — трубчатые и погружные (рис. 69, б).

Пожарная опасность при работе таких аппаратов возникает только в момент утечки нефтепродуктов наружу через неплотности и повреждения, которые чаще всего образуются в местах соединений и в головках теплообменников. Неплотности возникают под воздействием повышенных давлений, температурных деформаций, а также вследствие химического износа материала.

Наибольшую опасность (при одинаковых продуктах) создают теплообменники, так как при их неисправности нагретые (иногда до высоких температур) нефтепродукты растекаются по производственной площадке или помещению, загазовывая окружающее пространство и образуя взрывоопасные концентрации.

Наименее опасны холодильники и конденсаторы погружного типа. При утечках из этих аппаратов продукт поступает в воду, всплывает на поверхность и вместе с водой уходит в канализационную систему.

Более подробный анализ пожарной опасности теплообменной аппаратуры приведен на стр. 29.

Теплообменные аппараты необходимо систематически очищать от накипи и загрязнений в установленные инструкцией сроки. В процессе эксплуатации теплообменников нужно внимательно следить за герметичностью их соединений и корпуса. Неплотности в соединениях легко заметить по истечению жидкости, испарению, а в высокотемпературных теплообменниках — по отложениям нефтяного кокса у мест утечки. У погружных холодильников-конденсаторов неплотности обнаруживаются по наличию нефтепродукта на поверхности воды.

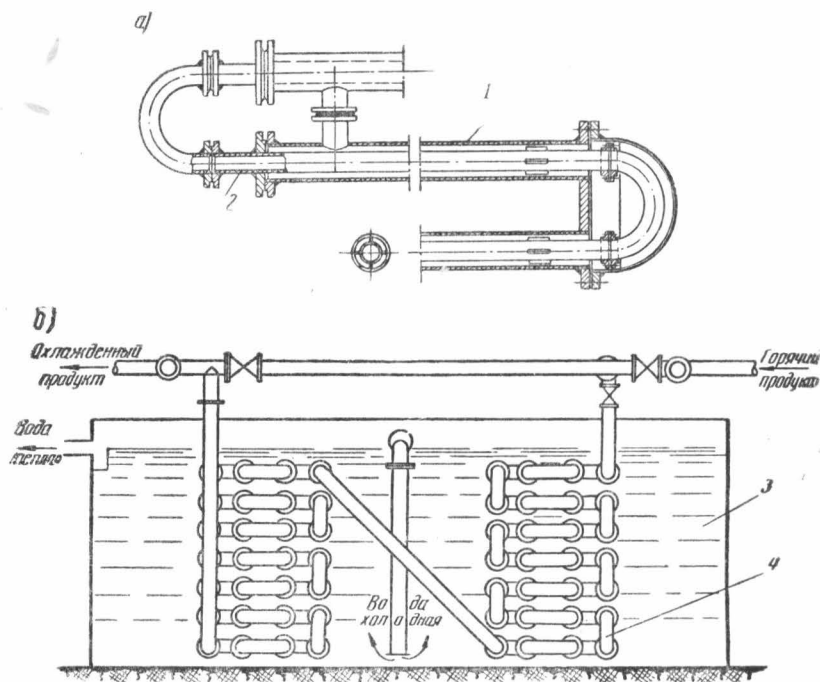


Рис. 69. Теплообменник типа «труба в трубе» (а) и холодильник-конденсатор погружного типа (б):

1 — наружная труба; 2 — внутренняя труба; 3 — охлаждающая вода; 4 — трубы холодильника.

Теплоизоляция теплообменников должна быть в исправном состоянии и не иметь свежих маслянистых пятен. За температурным режимом и давлением жидкостей необходимо вести регулярное наблюдение.

Теплообменные аппараты можно размещать по одному и группами. При групповом расположении трубчатых теплообменников на открытой площадке количество их в каждой группе должно быть ограничено. Обычно количество трубчатых теплообменных аппаратов в группе не превышает 32 шт. Теплообменники в группе можно устанавливать горизонтально, вертикаль-

но или ярусно. При горизонтальном расположении теплообменников (рис. 70, а) посередине группы устраивают разрыв не менее полусуммы длины и диаметра аппаратов. При расположении теплообменников ярусами (т. е. друг над другом) количество ярусов должно быть не более двух (рис. 70, б).

Разрывы между отдельными группами теплообменников устанавливают в соответствии с нормами строительного проектирования предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

К площадке, на которой располагаются теплообменные аппараты, предъявляются те же требования, что и к площадке для дегидраторов (см. рис. 68).

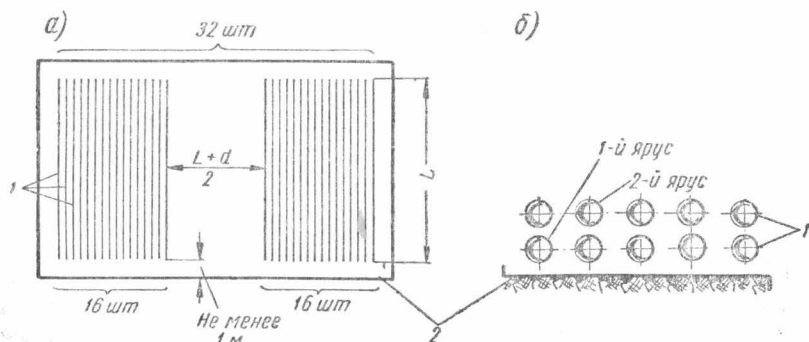


Рис. 70. Расположение теплообменников на площадке:

а — горизонтальное расположение (план); б — ярусное расположение (вид со стороны головок); 1 — теплообменники; 2 — площадка.

Группы теплообменников могут быть оборудованы системой стационарного паротушения со стороны головок. При этом сопла паропровода располагают так, чтобы все головки теплообменников омывались паром, а пусковой вентиль размещают на расстоянии около 5 м от теплообменников.

Размеры погружных конденсаторов и холодильников не ограничиваются. Устанавливать эти аппараты на крышах насосных станций, операторных или других зданий не разрешается.

Если теплообменники располагаются внутри помещений, то они должны удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к данной категории производств (в соответствии с ПТУСП МНП 02—51).

Насосные станции. Транспортировка жидкостей на нефтеперерабатывающих заводах производится центробежными и поршневыми насосами. Центробежные насосы приводятся в действие чаще всего электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания. Поршневые насосы чаще всего имеют паровой привод.

Насосы для транспортировки нефтепродуктов располагаются в помещениях, называемых насосными станциями.

В зависимости от технологического процесса жидкости транспортируются по трубопроводам при различном давлении и раз-

ной температуре. Температура транспортируемой жидкости обуславливает деление насосных станций на холодные и горячие. К горячим насосным станциям относятся станции, в которых расположены насосы, питающие трубчатые печи или перекачивающие продукты, нагретые выше температуры самовоспламенения. К холодным насосным станциям относятся все остальные.

Насосные станции представляют значительную пожарную опасность, так как при неисправностях и повреждениях из насосов и трубопроводов в помещение станции выходит большое количество нефтепродуктов, часто нагретых до высокой температуры.

Утечки нефтепродуктов из насосов и трубопроводов возникают при образовании неплотностей во фланцевых соединениях и сальниках, а также при повреждении самих насосов и трубопроводов.

Неплотности во фланцевых соединениях вызываются сработанностью уплотняющих прокладок, недостаточной затяжкой зажимных болтов, наличием в системе повышенного давления, а также значительными вибрациями, приводящими к расстройству соединений. Сильная вибрация трубопроводов, находящихся под значительным давлением, наблюдается в том случае, если они недостаточно прочно закреплены, особенно при пульсирующем давлении (при работе поршневых насосов).

Неплотности в сальниках вызываются применением некачественного материала для набивки, сработанностью набивки или недостаточной и несвоевременной подтяжкой болтов. При работе мощных и особенно горячих насосов в результате выделения большого количества тепла сальники сильно нагреваются и быстро срабатываются. Для удлинения срока службы таких сальников их принудительно охлаждают циркулирующей водой. При подаче недостаточного количества воды или прекращении подачи сальники перегреваются и уплотнение быстро срабатывается.

В горячих насосных станциях часто применяются насосы, создающие высокие давления (до 50—70 атм при крекинг-процессах и значительно выше при процессах гидрогенизации твердых топлив) и перекачивающие нагретые до высокой температуры нефтепродукты (до 500°С и выше). Работа таких насосов протекает в очень тяжелых условиях: металл сильно нагрет и испытывает большие нагрузки. В результате температурной деформации высоконагретых болтов часто образуются неплотности между корпусом и крышкой клапанной коробки поршневых насосов. Особенно опасно попадание на разогретые части насоса воды. В результате резкого охлаждения корпус клапанной коробки может разорваться.

Разрыв корпуса поршневого насоса или трубопроводов может произойти при перекрытии линии без остановки насоса или при уменьшении сечения труб в результате их забивания или закоксовывания. В этом случае давление в системе резко повышается, так как поршневой насос независимо от состояния ли-

нии посылает в нее за каждый ход поршня постоянное количество жидкости.

Повышенные давления, а следовательно, и повреждения образуются также при нарушении режима работы насоса (увеличении числа его оборотов) или при обратных ударах жидкости. Гидравлические удары возможны при отсутствии обратных клапанов на выкидной линии.

В помещении насосной станции может сосредотачиваться значительное количество смазочного масла — чистого и отработанного, особенно в случае применения мощных поршневых насосов, и может находиться запас моторного топлива (при использовании двигателей внутреннего сгорания в качестве движущей силы насосов). Наличие смазочного масла и моторного топлива, обильно смазываемых трущихся частей, а также замазучивание фундаментов и пола при возникновении пожара способствуют быстрому распространению огня.

Если насосами перекачивается нефтепродукт, нагретый выше температуры самовоспламенения, то при появлении неплотностей выходящая в помещение жидкость сразу же воспламеняется. Образуется большой факел пламени, и горящая жидкость растекается по насосной станции, попадая через незащищенные проемы в смежные помещения и в канализационную систему. От развивающейся высокой температуры может деформироваться неповрежденное оборудование.

Во всех других случаях воспламенение происходит от искр, высекаемых при ударе твердых предметов друг о друга или образующихся при неисправности электрооборудования, от источников открытого огня и самовозгорания промасленных обтирочных материалов.

В подтверждение сказанного можно привести следующие примеры.

В горячей насосной станции одной крекинг-установки сработалась прокладка фланцевого соединения у обратного клапана. Паровой поршневой насос подавал в трубчатую печь нефтепродукт, нагретый до температуры 340° С, создавая давление 48 атм. Через образовавшийся свищ в помещении насосной станции стал поступать нефтепродукт, пары которого быстро заполнили весь объем помещения. Образовалась взрывоопасная концентрация. Были приняты меры для ликвидации повреждения и удаления паров из насосной станции путем интенсивного проветривания помещения. В момент начала работы у одного из рабочих упал гаечный ключ. От удара стального ключа по станине или бетонному полу образовалась искра, которая воспламенила пары нефтепродукта. Произошел сильный взрыв и возник пожар, в результате чего насосная станция на длительный срок вышла из строя.

На другой насосной станции происходила утечка перекачиваемого автомобильного бензина через неплотности сальника насоса. Вследствие этого в помещении станции образовалась местная взрывоопасная концентрация паров нефтепродуктов. Вытекающий бензин попадал по желобу в сточный лоток и из него в канализацию. Гидравлический затвор по выходе канализации из насосной станции отсутствовал. Станция имела оконные проемы и дверь в сторону ректификационных колонн. Освещение было наружное, через специальные световые проемы. Кроме того, применялись переносные электролампы открытого исполнения, не защищенные от механических повреждений. При ремонте поврежденного сальника рабочий случайно ударил лампой о

фундамент насоса. В результате удара защитная сетка погнулась и колба лампы разбилась. Пары бензина от соприкосновения с раскаленной нитью лампы воспламенились и в помещении станции возник пожар. Огонь начал распространяться в канализационную систему, под угрозой оказались ректификационные колонны. Хотя возникший пожар был быстро ликвидирован, но он мог принять большие размеры.

Источниками воспламенения могут также служить недостаточно изолированные от насосов двигатели внутреннего сгорания и разряды статического электричества при наличии плоско-ременных передач от электродвигателей к насосам.

По степени пожарной опасности насосные станции относятся к категории А, Б или В.

В категорию А входят насосные станции, перекачивающие нефтепродукты, имеющие температуру вспышки паров 28°C и ниже или нагретые до температуры выше 250°C .

К категории Б относятся насосные станции, перекачивающие нефтепродукты с температурой вспышки паров от 29 до 120°C .

В категорию В входят насосные станции, перекачивающие нефтепродукты с температурой вспышки паров выше 120°C .

Категорию пожарной опасности насосных станций определяют по насосу, качающему нефтепродукт с минимальной температурой вспышки.

К насосам и насосным станциям предъявляются следующие требования.

Насосы, центробежные или поршневые, должны быть расположены на самостоятельных фундаментах, не связанных друг с другом и с фундаментом здания насосной станции. Центробежные насосы, как более легкие, компактные и высокопроизводительные, постепенно вытесняют поршневые. В настоящее время даже горячие насосы крекинг-установок начинают заменяться центробежными. Советским инженерам А. Я. Ломакину, Г. И. Мартянову, Н. В. Сироткину и др. за разработку центробежных крекинговых насосов высокого давления в 1952 г. присуждена Сталинская премия.

При эксплуатации насосов необходимо следить за состоянием сальников и фланцевых соединений. Сальники должны иметь достаточное количество уплотняющей набивки и исправную сальниковую буксу. Всякую течь в сальниках и в соединениях трубопроводов нужно немедленно устранять. Воды для охлаждения сальников горячих насосов надо подавать столько, чтобы температура металла не превышала $60-70^{\circ}\text{C}$, а отходящая вода была теплой, но не горячей. Подтягивать болты клапанной коробки поршневых насосов без снижения давления в линии, а также тушить водой воспламенившуюся струю нефтепродукта, выходящего через неплотности горячего насоса, нельзя.

Крепление трубопроводов должно исключать сильную вибрацию (незначительная вибрация напорных трубопроводов допускается). Горячие насосы на выкидных линиях необходимо оборудовать обратными клапанами, предотвращающими возможность гидравлических ударов. Увеличивать или уменьшать число

оборотов центробежных насосов, а также число ходов поршня поршневых насосов нужно плавно — во избежание резкого повышения или снижения давления в линиях.

Для обеспечения возможности отключения трубопроводов при авариях и повреждениях их следует снабжать запорными задвижками, расположенными снаружи здания (независимо от того, имеются ли они внутри здания) на расстоянии 3—20 м от него.

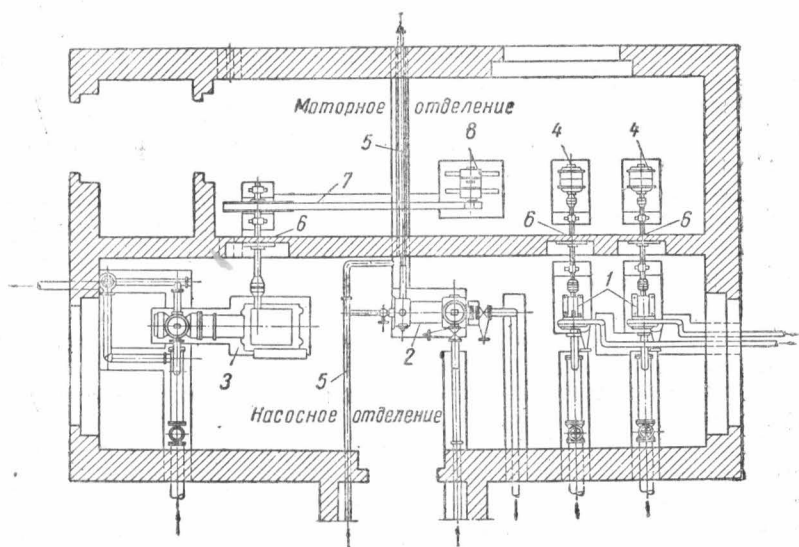


Рис. 71. План общего расположения оборудования в насосной станции:
1 — центробежные насосы; 2 — паровой насос; 3 — поршневой приводной насос; 4 — электродвигатели открытого исполнения; 5 — паропровод; 6 — сальник; 7 — ременная передача; 8 — двигатель внутреннего сгорания.

Для наблюдения за режимом работы насосов служат манометры на приемных и выкидных линиях. Очень часто манометры на выкидных линиях насосов заблокированы с автоматами, регулирующими их работу и останавливающими насос при повышении давления сверх нормального.

Во время работы насосов необходимо следить за состоянием и качеством смазки подшипников и других трущихся частей. Скопление смазочного масла под насосами не допускается.

В качестве движущей силы для насосов применяются электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания и паровые машины (рис. 71). Паровые двигатели к поршневым насосам и взрывобезопасные электродвигатели к центробежным насосам можно устанавливать в одних помещениях с насосами. Двигатели внутреннего сгорания и незащищенные электродвигатели необходимо отделять от насосов глухой стеной из негорючих материалов. Баки с горючим (емкостью не более суточного запаса) для питания двигателей внутреннего сгорания нужно раз-

мешать снаружи здания, за глухой стеной. На топливной линии должны быть установлены два запорных вентиля — один у бака, другой у двигателя. Выхлопную трубу двигателя необходимо надежно защищать от попадания в нее топлива. Для улавливания искр на выхлопной трубе (снаружи) следует устанавливать искрогаситель.

В насосных станциях категории В в одном помещении с насосами можно размещать короткозамкнутые электродвигатели в защищенном исполнении.

Передача мощности от двигателей к насосам должна осуществляться напрямую или, в крайнем случае, при помощи клиновидных ремней. Применение плоскоремennых передач от двигателей к насосам не допускается ввиду возможности их скольжения по шкиву. Вал двигателя в месте прохождения через стену необходимо защищать сальником.

Горячие насосные станции и отдельные насосы, перекачивающие продукты с температурой 250°C и выше, следует располагать в самостоятельных помещениях или отделять от холодных насосных станций глухой несгораемой стеной (рис. 72). Здания насосных станций, находящихся на территории нефтеперерабатывающих заводов, должны быть не ниже первой или второй степени огнестойкости.

Пол насосных станций чаще всего выполняют из бетона с цементной коркой или покрывают плитками так, чтобы он возвышался над уровнем прилегающей территории примерно на 10 см. Пол машинного отделения должен быть поднят выше уровня пола насосной станции — во избежание затекания в машинное отделение паров нефтепродуктов. Для обеспечения отвода излившейся жидкости полам придают уклон в сторону сточной канавы или трапа (см. рис. 72). Фундаменты насосов также должны иметь уклон в сторону сточной канавы.

Сточные канавы, трапы и лотки трубопроводов соединяют с производственной канализацией при помощи гидравлического затвора.

Для смыва излившегося продукта и масла в помещении насосной станции необходимо устанавливать специальные водопроводные стояки со шлангами.

Покрытия насосных станций категорий А и Б должны быть легкими, из сборных плит или балок; размещение на крышах насосных станций погружных холодильников-конденсаторов или других аппаратов не допускается.

Окна и двери нельзя устраивать в стенах, обращенных в сторону аппаратов, содержащих нефтепродукты с температурой нагрева выше 250°C , а также в сторону огнедействующих аппаратов.

При эксплуатации насосных станций необходимо следить за надежностью изоляции их от смежных помещений. Все отверстия в стенах между насосными станциями разных категорий,

между станциями и помещениями для двигателей или высоко-температурными аппаратами должны быть тщательно заделаны.

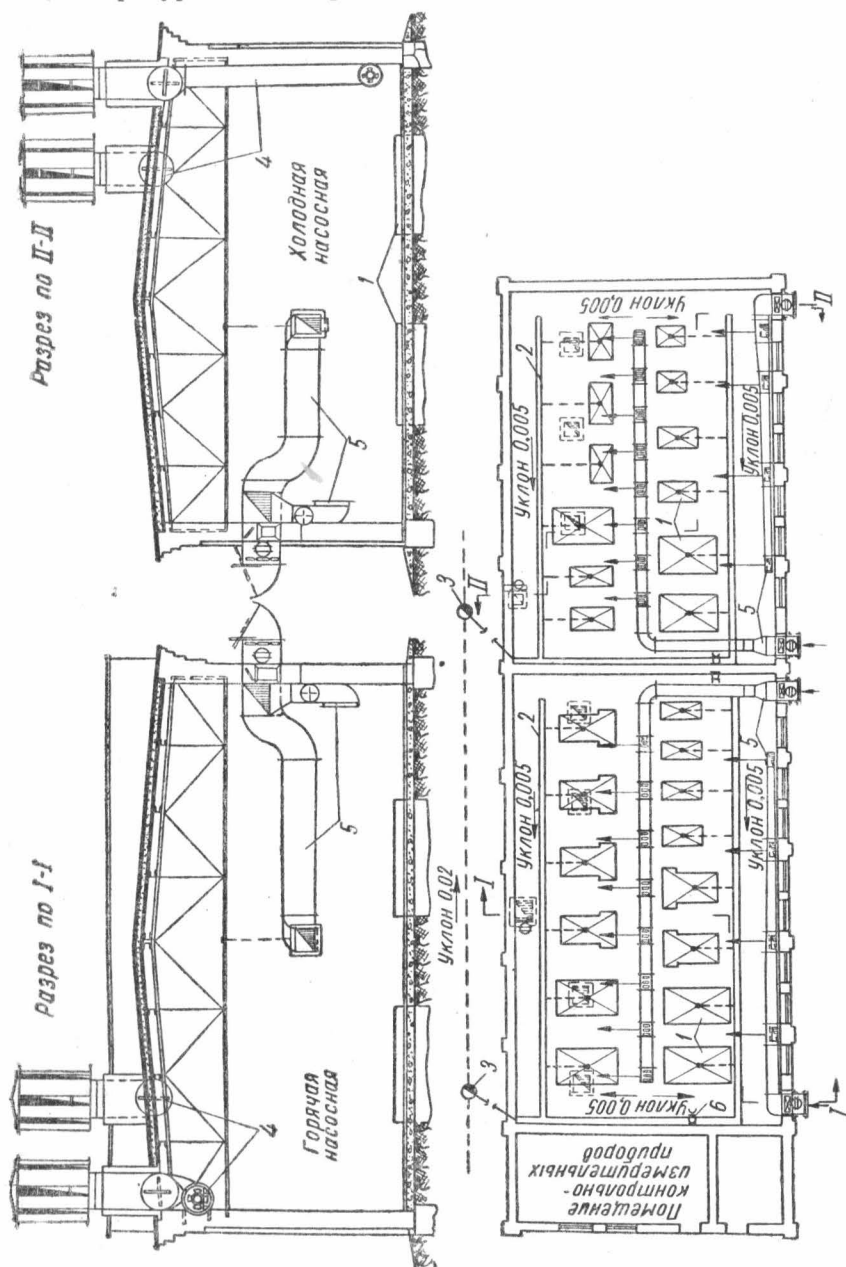


Рис. 72. План и разрезы технологической насосной станции нефтеперерабатывающего завода:
1 — фундаменты насосов; 2 — сточные лотки; 3 — гидравлические затворы; 4 — вытяжная вентиляция; 5 — приточная вентиляция; 6 — стояки для слива изливающегося нефтепродукта.

Если трубы, проходящие через глухую стену, вибрируют, то заделка быстро нарушается. В этом случае в стену заделывают

отрезок трубы несколько большего диаметра, чем основная труба, а кольцевой зазор между трубами забивают волокнистым асбестом.

Помещения насосных станций оборудуют системой приточно-вытяжной вентиляции с механическими побудителями или с дефлекторами (естественная вентиляция). Вентиляторы и их электродвигатели в насосных станциях категорий А и Б должны быть взрывобезопасного исполнения. В горячих насосных станциях (см. рис. 72) отсос загрязненного воздуха необходимо производить сверху (на расстоянии 0,4—0,5 м от потолка), а в холодных — сверху и снизу.

Освещение насосных станций категорий А и Б должно быть наружным или взрывозащищенным. В станциях категории В разрешается применять пыленепроницаемые светильники.

Количество смазочных материалов в помещениях насосных станций не должно превышать суточной потребности. Масло следует хранить в специальных металлических емкостях с плотно закрывающимися крышками. Металлические ящики для обтирочных материалов нужно размещать не внутри, а у входа в станцию.

Насосные станции необходимо снабжать достаточным количеством средств пожаротушения. Из стационарных средств пожаротушения на станциях следует иметь внутренние пожарные краны и систему паротушения. Установку для паротушения выполняют из дырчатых или с соплами труб, проложенных по периметру здания в виде кольца на высоте 250—350 мм от пола. Пусковой вентиль устанавливают снаружи насосной станции. Из первичных средств пожаротушения в помещениях станций необходимо иметь химические огнетушители, ящики с песком и асбестовые одеяла в количестве, предусмотренном нормами ГУПО.

Насосные станции могут быть расположены в одном здании с помещением для контрольно-измерительных приборов, но должны быть отделены от него глухой стеной (см. рис. 72).

Технологические трубопроводы. Нефтеперерабатывающие заводы имеют сложную сеть трубопроводов, связывающих отдельные технологические аппараты или установки и соединяющих завод в целом с резервуарными парками сырья и готовой продукции. По трубопроводам транспортируются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости и газы. Температура и давление транспортируемых продуктов могут быть различными.

По способу прокладки трубопроводы разделяются на наземные и подземные. Наземные трубопроводы прокладываются по эстакадам (опорам) и поверхности земли, а подземные — в грунте, засыпных траншеях, туннелях и лотках.

Основная пожарная опасность нефтепроводов заключается в возможности образования в них неплотностей или повреждений. Наиболее слабыми участками трубопроводов являются фланцевые соединения, задвижки и другая арматура, а также места по-

воротов (колена). Так как почти все трубопроводы работают под положительным давлением, то при наличии неплотностей нефтепродукты выходят из системы наружу.

Наиболее часто неплотности и повреждения в трубопроводах вызываются следующими причинами: коррозией материала труб нефтепродуктом и внешней средой; повышенным давлением в трубах, создающимся при нарушении режима работы или образовании пробок в линии; температурными деформациями, появляющимися в результате резкого изменения температуры (особенно для чугунных труб и арматуры); динамическими воздействиями в виде вибрации и гидравлических ударов при резком изменении давления.

Через образовавшиеся повреждения горючие жидкости вытекают наружу, пропитывая теплоизоляцию и образуя растекающиеся по территории потоки. Если по трубопроводам транспортируются легкоиспаряющиеся жидкости или жидкости, нагретые до высокой температуры, то при вытекании их из труб происходит сильное испарение. Большое количество горючих паров распространяется по территории и образует с воздухом взрывоопасные концентрации. В замкнутых объемах (закрытые лотки, траншеи, туннели) взрывоопасные концентрации создаются даже при незначительных утечках.

Горючие смеси могут образоваться также внутри трубопроводов после освобождения их от нефтепродуктов при отсутствии соответствующей продувки.

Наиболее часто воспламенение паров происходит от источников открытого огня при ремонтных работах. Воспламенение очень опасно, так как незаполненные жидкостью трубопроводы, а также траншеи и туннели служат путями быстрого распространения пожара.

К трубопроводам предъявляются следующие требования.

Для изготовления трубопроводов и арматуры к ним следует применять сталь. Внешнюю поверхность труб защищают от коррозии масляной краской или асфальтовым лаком. Трубы, закладываемые в землю, покрывают слоем битума (с оклейкой пергаментом). Наиболее надежным способом предохранения подземных трубопроводов от коррозии является катодная защита.

Прокладки фланцевых соединений для холодных трубопроводов и трубопроводов, нагретых до температуры порядка 250°C , изготавливают из паранита и клингерита. Можно также применять медно-асбестовые или алюминиевые прокладки. Свинцовые прокладки ставить нельзя. Во всех случаях, где это возможно, целесообразно заменять фланцевые соединения сварными. Трубопроводы, по которым транспортируются нефтепродукты с температурой 250°C и выше, следует соединять только на сварке, за исключением монтажных узлов, где могут применяться фланцевые соединения с медно-асбестовыми прокладками.

Во избежание вибраций трубы должны иметь надлежащее крепление.

Горячие трубопроводы для уменьшения потерь тепла и предотвращения температурных деформаций защищают несгораемой теплоизоляцией, за состоянием которой необходимо наблюдать. Все наземные трубопроводы должны иметь возможность свободного температурного удлинения. На прямолинейных трубопроводах значительной протяженности с этой целью монтируют лирообразные или другого вида температурные компенсаторы.

Для того чтобы можно было отключать поврежденные участки трубопроводов, на них устанавливают на менее двух запорных вентилей.

Задвижки на трубопроводах располагают на расстоянии не менее 10 м от фронта форсунок и вне помещений. Запорные приспособления необходимо осматривать примерно один раз в квартал, а на особо ответственных узлах — не реже одного раза в месяц.

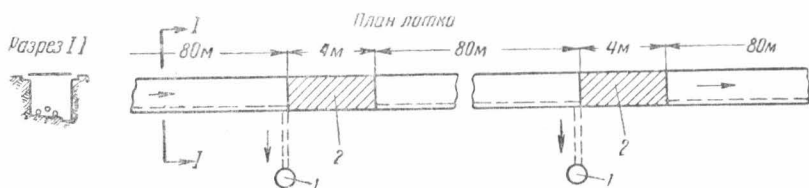


Рис. 73. Лоток с земляными перемычками:

1 — канализационные колодцы с гидрозатвором; 2 — земляная перемычка.

Опоры для прокладки наземных трубопроводов на территории предприятия выполняют из несгораемых материалов. Трубопроводы, прокладываемые на опорах, а также в открытых лотках, должны находиться на расстоянии не менее 3 м от стен производственных зданий с проемами и не менее 1 м от глухих стен.

Прокладка трубопроводов под зданиями и над зданиями не допускается. Траншеи, лотки и туннели для прокладки трубопроводов следует выполнять из несгораемых материалов, обеспечивая необходимые условия для канализации атмосферных вод и удаления излившегося нефтепродукта.

Во избежание распространения горящего нефтепродукта по лоткам и траншеям через каждые 80 м в них устраивают земляные перемычки длиной не менее 4 м (рис. 73).

Прходной туннель для трубопроводов оборудуют вентиляционными шахтами, расположенными на расстоянии 25 м друг от друга. Для сообщения с поверхностью земли в туннеле устанавливают лестницы (через каждые 50 м). При разделении туннеля на отсеки каждый из них должен иметь не менее двух выходов.

Траншеи и лотки после осмотра следует немедленно закрывать стальными листами или плитами.

При пересечении одиночных трубопроводов с заводской желез-

ной или проезжей дорогой их прокладывают в патронах, а при пересечении нескольких трубопроводов — в несгораемом туннеле.

Застывшие трубопроводы отогревают паром, горячей водой или горячим песком. Ремонтные работы разрешается производить только после освобождения трубопроводов от нефтепродукта и продувки их водяным паром. После ремонта трубопровод подвергают опрессовке на установленное испытательное давление. Закрытые траншеи и трубные лотки, расположенные в пределах производственных помещений, а также туннели с трубопроводами оборудуют подводами водяного пара для целей тушения.

Аварийные трубопроводы (идущие к аварийным резервуарам) прокладывают с уклоном в сторону аварийной емкости. Они должны быть по возможности прямыми и не иметь задвижек по всей длине линии.

Производственная канализация. Канализационная система на нефтеперерабатывающих заводах служит для отвода отработанных вод и ливневой воды к естественным водоисточникам. В систему производственной канализации поступает вода из погружных холодильников-конденсаторов, водоотделителей и промывателей, насосных станций и лабораторий, различных производственных аппаратов (после их промывки или гидравлического испытания), зданий и сооружений. Таким образом, производственная канализация связывает в единое целое все установки нефтеперерабатывающего завода.

Вместе с отработанной водой, а также смывной и ливневой водой в систему канализации попадает некоторое количество нефтепродуктов. При авариях и повреждениях количество горючих жидкостей, попадающих в канализацию, значительно увеличивается.

Нефтепродукты, уносимые водой, нельзя выпускать в естественные водоисточники. Это недопустимо по экономическим, санитарным и противопожарным соображениям. Поэтому загрязненную производственную воду очищают от нефтепродуктов в специальных устройствах, называемых нефтеловушками.

Если в канализационной системе имеются нефтепродукты, она может служить путем распространения пожара, а зачастую и местом его возникновения. Нефтепродукты не растворимы в воде и легче ее. Поэтому, скапливаясь на поверхности воды, они могут гореть, а в замкнутых пространствах (колодцах, канализационных трубах, ловушках) способны образовать взрывоопасные концентрации.

Пожары и взрывы в системе канализации возникают при попадании в нее горящих нефтепродуктов с установок, при производстве электро- или газосварочных работ вблизи от канализационных колодцев, при использовании незащищенных ламп и спичек во время осмотра закрытых ловушек и колодцев, при ударе крышек о корпус смотровых люков и т. п.

Канализационная сеть должна быть закрытой и выполненной из несгораемых материалов. Во избежание распространения огня

по сети во время пожара на ней необходимо устанавливать гидравлические затворы (рис. 74). Слой воды, образующий затвор, должен быть не менее 0,25 м. Эксплуатация канализации с неисправными или неправильно выполненными гидравлическими затворами, а также без затворов не допускается. Колодцы должны быть чистыми и постоянно закрытыми; вентиляционные устройства на колодцах устанавливать нельзя.

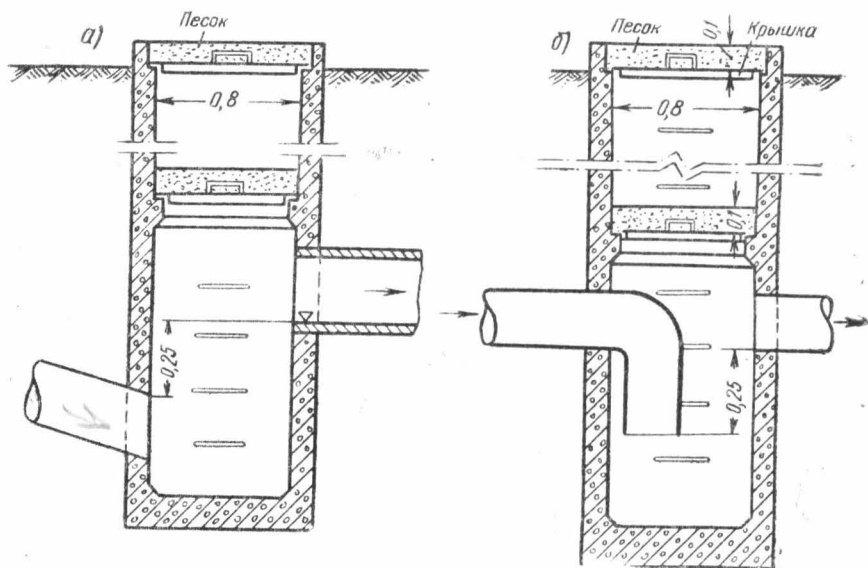


Рис. 74. Гидравлические затворы на канализацию:
а — с наклонной трубой; б — с трубой, загнутой вниз.

Гидравлические затворы нужно устанавливать на всех выпусках от аппаратов, площадок, зданий и сооружений. На магистральной канализационной сети гидравлические затворы должны быть расположены примерно через каждые 250 м, а также на расстоянии не менее 10 м перед нефтеловушкой и после нее.

Нефтеловушка представляет собой отстойник в виде прямоугольного бассейна площадью не более 2000 м². Все нефтеловушки устраиваются открытыми, но в отдельных случаях допускается устройство закрытых нефтеловушек с легким сборным покрытием.

Нефтеловушку нужно располагать на расстоянии не менее 40 м от зданий и сооружений. Вокруг нефтеловушки устанавливают ограждение из несгораемых материалов высотой не менее 1 м. Производить какие бы то ни было огневые работы вблизи от колодцев и тем более от ловушек (20 м от колодцев и 50 м от ловушек) не разрешается.

ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

При планировке нефтеперерабатывающих заводов и отдельных установок необходимо учитывать не только чисто технологические требования, но и требования пожарной безопасности. В случае несоблюдения этих требований нефтеперерабатывающий завод будет представлять значительную опасность для расположенных поблизости промышленных объектов, населенных пунктов и различных сооружений. При авариях и пожарах разлившийся нефтепродукт, его пары и газы, а также пламя и продукты горения могут попадать на эти объекты и вызывать там пожары. В свою очередь, объекты, расположенные вблизи нефтеперерабатывающего завода, могут служить источниками его воспламенения.

Поэтому важное значение имеет правильный выбор участка для размещения нефтеперерабатывающего завода. Участок выбирают с учетом рельефа местности, направления господствующих ветров, возможности соблюдения требуемых противопожарных разрывов, обеспеченности водой и путями сообщения. Обычно нефтеперерабатывающие заводы сооружают вблизи естественных водоисточников (рек, озер, морей) ниже по течению от населенных пунктов, мостов, пристаней, электростанций и других сооружений. Расстояние от этих объектов до нефтеперерабатывающего завода согласно ПТУСП МНП 02—51 должно быть не менее 300 м, а расстояние от завода до аналогичных объектов, расположенных ниже по течению, — не менее 3000 м.

Место для строительства завода выбирают так, чтобы уклон участка и направление господствующих ветров обеспечивали невозможность попадания нефтепродукта и его паров к соседним объектам (рис. 75). Расстояние от соседних объектов (заводов, рабочих поселков, общественных зданий) до ограждения завода должно быть не менее 100 м. При расположении завода в лесистой местности с хвойными породами вокруг него очищают полосу шириной не менее 50 м.

Здания, сооружения и установки размещают на заводской площадке с учетом выделения родственных по эксплуатационным признакам и пожарной опасности обособленных зон. На территории нефтеперерабатывающих заводов обычно выделяют следующие зоны:

а) зона производственных зданий, сооружений и установок (технологические установки, насосные станции, компрессорные, промежуточные емкости, нефтеловушки и т. п.);

б) зона товарного и сырьевого хранения нефтепродуктов (резервуарные парки, насосные станции склада, сливно-наливные устройства, тарные хранилища и т. п.);

в) зона подсобных цехов и сооружений (механические мастерские, кузницы, ТЭЦ, подстанции, склады оборудования и материалов и т. п.);

Рис. 75. Схема расположения зон и технологических блоков нефтеперерабатывающего завода

13 Заказ 4689 193

ных разрывов. Зону товарного и сырьевого хранения размещают в наиболее низкой части территории завода, зоны подсобных административных зданий и сооружений — в наиболее высокой части. Исходя из направления господствующих ветров, производственные и подсобно-административные зоны следует располагать так, чтобы уменьшить возможность попадания паров нефтепродуктов и газов в подсобные и административные здания, а искр — на производственные установки и хранилища.

Расстояние между зоной производственных установок и зоной подсобных и административных зданий зависит от степени их огнестойкости. Это учитывается ПТУСП МНП 02—51. Если подсобные и административные здания имеют первую или вторую степень огнестойкости, расстояние до производственной зоны может быть 40 м; во всех остальных случаях это расстояние должно быть 60 м. Расстояние между зоной производственных установок и зоной товарного и сырьевого хранения должно быть не менее 100 м.

Разрывы между подсобными зданиями и сооружениями и административно-хозяйственными зданиями исчисляются в соответствии с Н 102—54. Внутри выделенной производственной зоны все технологические сооружения размещаются в отдельных технологических блоках с определенным разрывом между ними. Под технологическим блоком понимают совокупность однородных по назначению самостоятельных технологических установок. Например, имеющиеся на заводе установки первичной перегонки нефти должны составлять самостоятельный технологический блок, установки по очистке нефтепродуктов — другой блок, крекинг-установки — третий блок и т. д. Общая суточная производительность установок, составляющих блок, ограничивается ПТУСП МНП 02—51.

Расстояние между технологическими блоками должно быть не менее 60 м (см. рис. 75). Между установками, входящими в технологический блок, необходимо устраивать соответствующий противопожарный разрыв. Величина этого разрыва зависит от вида установки и колеблется в пределах 20—30 м.

Каждая технологическая установка состоит из отдельных аппаратов, зданий и сооружений, между которыми также необходимо предусматривать соответствующие противопожарные разрывы. При назначении разрывов между аппаратами и сооружениями технологических установок необходимо учитывать характер этих аппаратов (наличие в них источников огня, температурный режим работы и т. п.) и их взаиморасположение (в какую сторону обращены фонтанки, проемы в стенах и т. п.). Для упрощения вопроса ПТУСП МНП 02—51 сводят всю аппаратуру и все сооружения в 12 родственных по назначению и опасности групп, между которыми и устанавливается требуемый разрыв (табл. 11).

Для определения величины разрывов по таблице необходимо: установить номера групп данных аппаратов;

Расстояния между аппаратурой и сооружениями технологических установок

Наименование объектов (групп)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Примечания
<i>Группа 1.</i> Аппараты для огневого нагрева продуктов; сюда относятся трубчатые печи, кубы (не в батареях) и т. п.		5	10 $\frac{10}{15}$	10 $\frac{10}{15}$	10 $\frac{10}{20}$	10 $\frac{10}{20}$	NN	10 $\frac{10}{15}$	10 $\frac{10}{15}$	10 $\frac{10}{15}$	NN	22	10	Числитель—от огне- вой стороны нагре- вателя до аппарата Знаменатель—от стороны нагревателя с форсунками до аппарата
<i>Группа 2.</i> Погоноразделительная и сепара- ционная аппаратура различных типов, но с температурой продуктов выше 250°С; сюда относятся реакторы, ректификационные ко- лонны, стриппинги, эвапораторы, очистные башни, кубы, окислители и т. п.		—	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{2}$	10 $\frac{10}{20}$	8	8	4	10	NN	15	10	8	Числитель—для аппаратов диаметром не более 2 м (D) Знаменатель— для аппаратов диамет- ром более 2 м
<i>Группа 3.</i> Погоноразделительная и сепара- ционная аппаратура, но с температурой про- дуктов до 250°С; сюда относятся стабилизато- ры, абсорберы, реакторы, очистные башни, газосепараторы, рефлюкс, бабки, скрубберы, промывные колонны, водоотделители, газо- фракционированные колонны, герметизиро- ванные буферные (технологические) емкости и т. п.		—	—	$\frac{D}{2}$	10 $\frac{10}{20}$	8—10 $\frac{12}{12}$	4	4	12	NN	15	10	8	Числитель—8 до глухой стены здания; 10 до стены с проемами Знаменатель—от зданий с горячими на- сосами
<i>Группа 4.</i> Дегидраторы, грязевики, отстой- ники, топливные мерники и т. п.		—	—	—	D	15	15	10	15	15	15	15	10	

Наименование объектов (групп)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Примечание
<i>Группа 5.</i> Здания технологического назначения, расположенные отдельно от аппаратов; сюда относятся операторные, насосные станции горячие и холодные, входящие в состав данной технологической установки, помещения для контрольно-измерительных приборов и т. п.	—	—	—	—	10	10 15	4 8	12 17	4 8	8 12	10 15	8	Ч и с л и т е л ь — от глухой стены здания З н а м е н а т е л ь — от стены с проемами
<i>Группа 6.</i> Здания, конструктивно связанные с аппаратурой, печами, огневыми кубами, огневые установки по переработке твердого топлива и т. п.	—	—	—	—	—	10 15	4 8	нн	4 8	нн	22	10	Ч и с л и т е л ь — 10 до аналогичного здания; 4 до глухой стены З н а м е н а т е л ь — 15 до зданий с форсунками; 8 до стены с проемами
<i>Группа 7.</i> Погружные конденсаторы и холодильники	—	—	—	—	—	—	2—4	10	4	10	10	8	2 при зеркале воды до 200 м ² ; 4 при зеркале воды более 200 м ²
<i>Группа 8.</i> Генераторы для переработки газов и жидких продуктов и т. п.	—	—	—	—	—	—	—	Д	10	нн	22	8	
<i>Группа 9.</i> Теплообменники, конденсаторы трубчатого типа, рибойлеры, конструктивно связанные с аппаратурой	—	—	—	—	—	—	—	—	Д	10	10	8	
<i>Группа 10.</i> Реакторы с огневым разогревом, генераторы для выжиги кокса, тонки под давлением, аппаратура пневмотранспорта, факельные печи	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Д	22	10	К о в с е й т а б л и ц е: Д — диаметр большого аппарата нн — не нормируется
<i>Группа 11.</i> Газовые компрессорные, непосредственно связанные с аппаратурой	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	8	
<i>Группа 12.</i> Воздушные компрессорные, водяные насосные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	

от меньшей по номеру группы провести горизонтальную линию;

найти в вертикальном столбце большую по номеру группу и провести линию вниз до пересечения с горизонтальной линией: цифра, стоящая в месте пересечения линий, укажет искомый разрыв.

Пример. Определить разрыв между трубчатой печью и ректификационной колонной с температурным режимом в нижней части 220°C . Трубчатая печь обращена к колонне неогневой стеной.

Устанавливаем, что трубчатая печь относится к группе № 1, а ректификационная колонна — к группе № 3. От группы № 1 проводим горизонтальную линию. Находим вертикальный столбец, соответствующий группе № 3, и проводим вертикальную линию. На пересечении линий видим две цифры:

$\frac{10}{15}$. В соответствии с примечанием для нашего случая искомый разрыв составляет 10 м.

Кроме рассмотренных выше требований, при размещении аппаратов, зданий и сооружений на территории нефтеперерабатывающего завода необходимо учитывать обеспеченность его дорогами, водоснабжением и средствами связи.

Дороги общего пользования не должны проходить через территорию завода и приближаться к его ограждению ближе 20 м. На территории завода нужно устраивать не менее двух въездов. Внутренние дороги должны иметь твердое покрытие. Прокладывают их по кольцу не ближе 5 м и не дальше 30 м от аппаратов, зданий и сооружений. Ширина дорог должна быть 6 м, проездов — 3,5 м. Во избежание затопления дорог излившимися нефтепродуктами (в зонах производственных установок и хранения) полотно дороги поднимают над уровнем прилегающей территории примерно на 30 см или устраивают кюветы. Мосты сооружают из негорюемых материалов.

Противопожарное водоснабжение нефтеперерабатывающих заводов осуществляют в соответствии с требованиями главы VII Н 102—54, а также с «Техническими условиями и нормами на проектирование и эксплуатацию устройств по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах».

Освещение территории заводов должно быть только электрическим.

Все нефтеперерабатывающие заводы имеют телефонную связь с пожарной охраной, а если их территория превышает 100 га, то электрическую пожарную сигнализацию.

Глава X

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА ИЗ СПИРТА

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Синтетический каучук (СК) с успехом заменяет натуральный при изготовлении резиновых изделий и позволяет значительно расширять область их применения. Поэтому производство син-

тетического каучука имеет весьма важное значение. Синтез каучука открыли русские ученые, которые провели большие исследования в этой области.

Выдающаяся роль в разработке проблемы синтеза каучука принадлежит А. М. Бутлерову, А. Е. Фаворскому, С. В. Лебедеву, Б. В. Бызову и др.

Особое практическое значение имели работы С. В. Лебедева. Он открыл способность дивинила давать каучукоподобные полимеры, сделал широкие классические обобщения о полимеризации непредельных углеводородов и механизме термополимеризации, разработал промышленный способ получения дивинила непосредственно из спирта, в одну ступень, при помощи особого катализатора.

Кроме того, С. В. Лебедев разработал способ гидрогенизации винилацетилен в дивинил и полимеризации этиленовых углеводородов, что обеспечило впоследствии открытие полиизобутиленовых каучуков.

Способы получения дивинила, открытые нашими учеными — Лебедевым, Остромысленским, Кучеровым-Остромысленским, Фаворским и другими, — применяются во всем мире.

ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ СК ИЗ СПИРТА

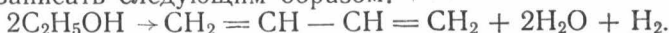
Весь процесс производства СК из спирта можно разбить на два этапа:

получение дивинила из спирта;

полимеризация дивинила в каучук.

С. В. Лебедев разработал особый способ получения дивинила, при котором из этилового спирта при повышенной температуре и в присутствии катализатора отделяются вода и водород.

Реакцию разложения спирта на дивинил, воду и водород можно записать следующим образом:



Полимеризация дивинила в каучук происходит в присутствии катализатора (металлического натрия) при повышенной температуре и давлении в несколько атмосфер. При этом определенное число молекул жидкого или газообразного дивинила (две, три и более) соединяются вместе и образуют сложную молекулу СК.

Следовательно, молекулы полимера дивинила имеют длинные цепи, состоящие из множества одинаковых звеньев, концы которых могут быть сомкнуты в кольцо.

Производство СК из спирта включает ряд сложных и разнообразных процессов и операций, осуществляемых в различных производственных цехах (рис. 76). С точки зрения пожарной профилактики, наибольший интерес представляют контактный и полимеризационный цехи, аппараты которых не рассматривались в предыдущих главах (контактные печи и полимеризаторы). По-

этому основное внимание в данной главе уделено анализу пожарной опасности и пожарно-профилактическим мероприятиям

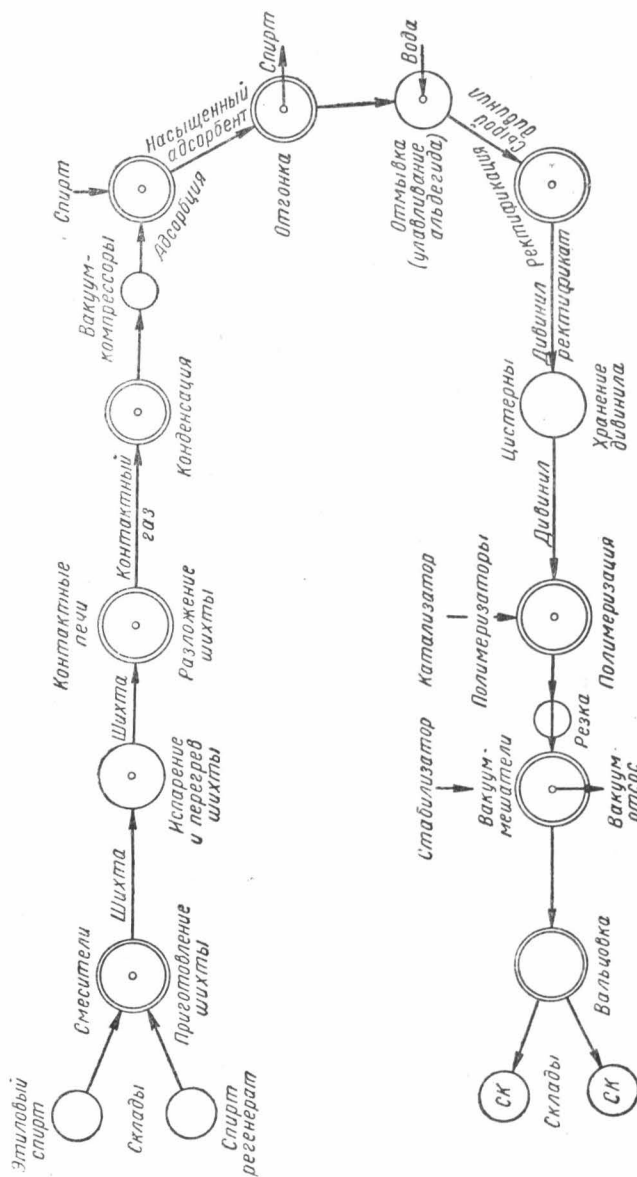


Рис. 76. Принципиальная схема производства СК из спирта.

этих двух цехов. Аппараты остальных цехов рассматриваются кратко.

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ЦЕХОВ ПРОИЗВОДСТВА СК ИЗ СПИРТА

а) Спиртоиспарительное отделение

Спирт со склада поступает на промежуточную мерно-насосную станцию (рис. 77), где производится его учет в мерниках 1 и составляется шихта в смесителях 2. Отсюда центробежными насосами спирт подается в спиртоиспарительное отделение контактного цеха. Здесь перед поступлением на разложение в контактные печи спиртовая смесь испаряется в спиртоиспарителях 3 и пары ее перегреваются последовательно в ряде трубчатых перегревателей 5.

Водяной пар в спиртоиспарители и перегреватели поступает под давлением в несколько атмосфер.

Насыщенные пары спирта после перегревателей пропускают для просушки через буфер (каплеуловитель) 4, наполненный насадкой в виде колец. Затем пары поступают в центральные перегреватели 6, расположенные в борове контактного отделения, и в контактные печи.

Как видно из технологической схемы, в спиртоиспарительном отделении располагаются все теплообменные аппараты и, в частности, секционные теплообменники, спиртоиспарители, каплеуловители и предварительные спиртоподогреватели. В этих аппаратах во время работы содержится значительное количество легковоспламеняющейся жидкости, нагретой до высокой температуры и находящейся под большим давлением. В связи с этим создается повышенная пожарная опасность.

Повышенная температура и избыточное давление в аппаратах способствуют утечке продукта через неплотности соединений и обуславливают возможность появления в помещении горючей среды и образования взрывоопасных концентраций.

Взрывоопасные концентрации могут образоваться также в самих аппаратах — при пуске их в работу без предварительной продувки, например, паром, или при очистке и ремонте без герметического отключения от технологической установки.

Появление неплотностей в аппаратуре обычно вызывается избыточными давлениями продукта; вибрацией аппаратов и трубопроводов; неисправностью приборов, регулирующих давление и температуру в аппаратах; перегревом жидкости; температурными напряжениями; загрязнением трубок отложениями солей и смол (продуктов разложения), уменьшающих их живое сечение; коррозией аппаратов, арматуры и трубопроводов примесями уксусного альдегида, высших спиртов и продуктами их разложения, а также другими причинами. Кроме того, утечка продукта из аппаратов может происходить в результате разрушения мерных стекол.

Особенно опасны ремонт и чистка аппаратов от альдегидной смолы, так как она способна самовозгораться на воздухе. При этом пожар может принять большие размеры вследствие со-

средоточения в отделении значительного количества теплообменных аппаратов, отсутствия аварийных емкостей и автоматических предохранительных клапанов от избыточного давления, наличия различных жидкостей, что затрудняет выбор средств пожаротушения, и т. п.

Во избежание возникновения пожаров необходимо следить за прочностью и герметичностью аппаратов, продувать их паром перед пуском в работу, регулярно очищать от альдегидной смолы путем промывки трубок отключенного аппарата водой.

Для спуска избыточного давления аппараты оборудуют пружинами или рычажными клапанами или ручными задвижками. С целью обеспечения определенного режима работы аппаратов их снабжают автоматическими регуляторами давления температуры.

Вне помещения для спиртоиспарительного отделения необходимо устанавливать аварийные емкости. Помещение должно иметь вентиляцию.

При разрыве спиртоиспарителя, образовании значительной течи или прорыве спиртовых паров следует немедленно отключить аппарат, спустить давление, вытеснить спирт в испаритель загрязненного спирта или в аварийную емкость и продуть аппарат негорючим газом.

Из средств тушения пожара в цехе должны иметься асбестовые одеяла, песок, огнетушители и внутренние пожарные краны.

6) Контактное отделение

Пары спирта после спиртоперегревателей 5 (см. рис. 77) направляются в контактные печи А системы Грум-Гржимайло. Здесь спирт разлагается в присутствии особого катализатора с образованием дивинила и большого количества побочных продуктов (водород, этилен, псевдобутилен, альдегиды, различные эфиры, углеводороды и др.). Попадая в печь, пары спирта сначала поступают в коллектор 7, затем распределяются по змеевикам реторт 8, где дополнительно перегреваются, а после этого направляются в реторты 9, в которых и происходит их разложение с образованием контактного газа.

Печи имеют кольцевое топочное пространство В. Отапливаются они мазутом или газом, отбираемым из установки после абсорберов.

Контактные газы, образующиеся в ретортах, собираются в продуктовым коллекторе В, откуда они через вентиль и циклон 10 направляются в общий газоотвод, а затем отсасываются в цех конденсации.

В процессе разложения паров на поверхности катализатора откладывается углерод, что приводит к понижению его активности.

Для восстановления активности катализатора его через определенное время подвергают регенерации путем продувки ре-

торт воздухом с выбросом регенерационных газов через специальную линию.

В контактном отделении располагаются контактные печи, спиртоперегреватели и трубопроводы, заполненные парами спирта и горючими контактными газами.

Температура паров спирта в трубопроводах и спиртоперегревателях 5 превышает 100°C , а в контактных печах (ретортах 9) составляет несколько сот градусов. Пары спирта в коммуникациях и в аппаратуре находятся под избыточным давлением, а контактные газы в верхней части реторт и в продуктовом коллекторе В печей — наоборот, под разрежением. Это создает условия для образования горючей среды как в помещении, так и в аппаратах.

Из системы, работающей под избыточным давлением, возможны утечка спирта и прорыв его паров в помещение. Из помещения же возможен подсос воздуха в коллекторы и газоходы контактного газа, находящиеся под разрежением. И в том и в другом случае могут образоваться взрывоопасные концентрации.

Наличие работающих форсунок контактных печей усиливает пожарную опасность контактного отделения, так как они представляют собой постоянно действующий источник воспламенения.

Контактные печи (рис. 78) объединяют большую группу реторт и спиртоперегревателей 6 и, следовательно, содержат большое количество паров спирта.

Горючая среда может образоваться в аппаратах и в топочном пространстве печей.

Перед пуском контактных печей в реторты загружают катализатор. Здесь его подвергают активации путем непрерывной подачи через перегреватели 8 (см. рис. 77) и реторты 9 воздуха, нагретого до высокой температуры.

Процесс активации представляет пожарную опасность в том случае, если негерметически закрыты вентили на отводах контактных и регенерационных газов, а также на вводе паров спирта (вентиль 15) в коллектор 7 контактных печей.

При негерметичности вентиля на отводе контактных газов в систему может проникнуть воздух, который образует с газом, находящимся под разрежением, взрывоопасные концентрации.

Проникновение воздуха в отвод регенерационных газов также опасно, так как в регенерационной системе могут находиться горючие контактные газы, попадающие сюда из продуктового коллектора В в случае негерметичности вентиля 20.

Если активация производится после смены катализатора при работающих соседних печах, то создается опасность просачивания паров спирта в реторты через неплотности вентиля 15 и 17, расположенных до и после центральных спиртоперегревателей 6. Так как реторты в это время продуваются воздухом,

то пары спирта могут образовать с ним взрывоопасные концентрации.

После активации катализатора печь включают на контактирование, т. е. на разложение паров спирта. Эта операция связана с возможностью взрывов в ретортах, если они не продуты

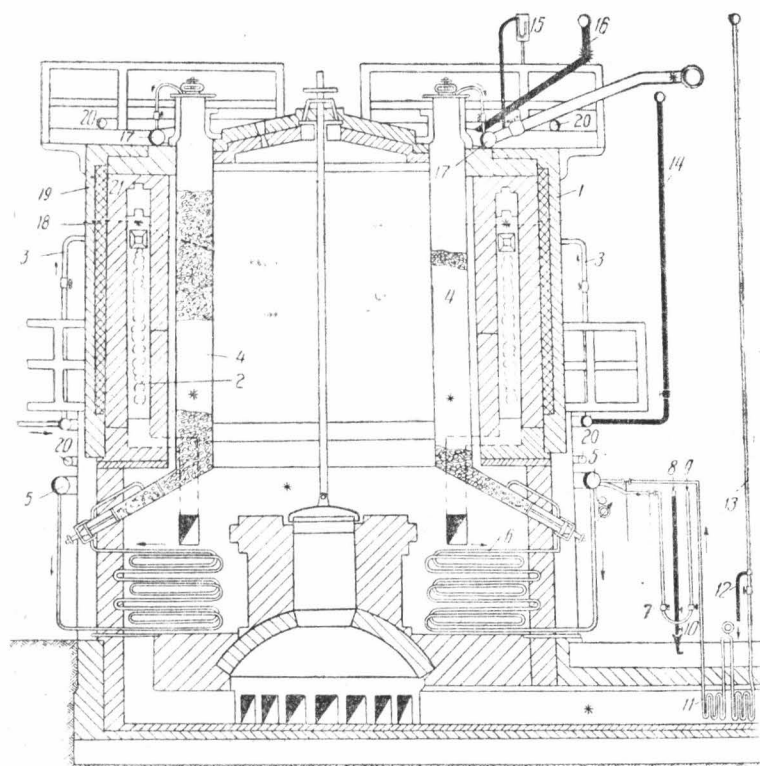


Рис. 78. Схема контактной печи:

1 — кирпичный корпус; 2 — топочное кольцевое пространство; 3 — подвод топлива в форсунки; 4 — реторты с катализатором; 5 — спиртовой коллектор; 6 — конечные спиртоперегреватели; 7 — регенерационная гребенка; 8 — подвод водяного пара; 9 — подвод воздуха; 10 — спуск конденсата; 11 — центральный спиртоперегреватель в борове печи; 12 — спуск конденсата спирта; 13 — подвод паров спирта; 14 — продувная свеча; 15 — U-образный манометр; 16 — трубопровод регенерационных газов; 17 — коллектор контактного газа; 18 — термоизоляция; 19 — красный кирпич; 20 — труба с отводами от термонапар; 21 — огнеупорный кирпич.

паром, так как до подачи паров спирта реторты наполнены воздухом, а температура в них доходит до температуры самовоспламенения спирта.

Кроме того, при попадании водяного конденсата (в случае продувки паром) или спиртового конденсата в разогретые змеевики и реторты вследствие мгновенного испарения создаются высокие давления, которые могут привести к разрыву реторт и разрушению печи.

При негерметичности вентиля 14 на воздушной линии возможно проникновение паров спирта из коллектора 7 печи в магистральный воздухопровод с образованием в нем взрывоопасных концентраций.

Если при контактировании вентиль 20 регенерационных газов на печи закрыт неплотно, то через него может попасть воздух в отвод контактного газа, который находится под разрежением. Это также может привести к образованию взрывоопасных концентраций.

Прогар реторт тоже может быть причиной подсоса воздуха в систему, так как верхние части реторт находятся под разрежением.

Утечка спирта в процессе контактирования или прорыв его паров и контактных газов в цех или в печь создает опасность пожара и взрыва.

Остановка компрессоров, отсасывающих контактные газы из реторт, и несвоевременное прекращение подачи спирта в печь могут привести к резкому повышению давления и разрыву реторт. Вследствие наличия открытого огня форсунок при этом создаются условия для пожара или взрыва. Поэтому остановка компрессоров считается аварией.

Процесс регенерации представляет значительную пожарную опасность. Он связан с возможностью образования взрывоопасных концентраций и резкого повышения давления в ретортах при попадании в них парового конденсата. Так как регенерация катализатора в ретортах осуществляется путем продувки их воздухом, то перед подачей воздуха пары спирта из реторт вытесняются водяным паром.

При попадании в разогретую до нескольких сот градусов реторту парового конденсата он мгновенно испаряется, вызывая резкое повышение давления, а иногда даже разрыв реторты.

В момент продувки реторт воздухом в них могут проникнуть пары спирта вследствие негерметичности вентиля 15 на спиртовом отводе. Это приводит к возникновению горения в ретортах.

После регенерации, если воздух не будет полностью вытеснен из реторт, пары спирта, поступающие на контактирование, могут образовать в ретортах взрывоопасную смесь.

Процесс регенерации, который производится периодически, связан также с опасностью возникновения пожара и взрыва в топочном пространстве. Поскольку перед регенерацией форсунки гасятся, а после регенерации снова зажигаются, число пожароопасных операций значительно увеличивается. При неправильном розжиге форсунок возможен взрыв в топочном пространстве, причины которого указаны выше.

Топочная система представляет значительную пожарную опасность и в процессе эксплуатации. Это связано с режимом отсоса газов и возможностью скопления горючих газов — продуктов неполного сгорания — в борове и топке.

После периодических процессов регенерации катализатор все же теряет свою активность, и его заменяют свежим. При смене катализатора могут образоваться взрывоопасные концентрации около печей и в ретортах, если вентиль 15 на спиртовой линии отключен негерметически и через него проникают пары спирта.

Источниками воспламенения в контактном цехе обычно являются: открытый огонь форсунок печей, нагретые до высокой температуры стенки топочного пространства и реторт, открытый огонь сварочных аппаратов, искры, образующиеся при неисправности электрооборудования, и т. д.

Во избежание возникновения пожаров и взрывов в цехе необходимо осуществлять следующие пожарно-профилактические мероприятия.

Перед пуском в работу все аппараты (спиртоиспарители, коллекторы паров спирта и печи) нужно подвергать опрессовке и продувать водяным паром. Опрессовку производят для проверки герметичности аппаратуры и коммуникаций. Одновременно с включением компрессоров начинают пуск спиртоиспарительной станции и продувают водяным паром все трубопроводы. Продувка предотвращает подсос в трубопроводы воздуха.

При активации катализатора на спиртовой линии (около вентилей 15 или 17) ставят заглушку. Это предупреждает проникновение паров спирта в реторты и образование в них взрывоопасных концентраций.

Во избежание проникновения воздуха в отвод контактных газов вентиль на нем должен быть герметически закрытым. Герметичность вентилей проверяют U-образным водяным манометром при опрессовке реторт. Падение давления в ретортах указывает на их негерметичность.

Отвод регенерационных газов также должен быть герметически отключен.

Перед подачей спирта на контактирование реторты в течение нескольких минут продувают водяным паром, который вытесняет из них воздух. При включении реторт в систему их также продувают водяным паром.

Перед подачей паров спирта в печь спускают спиртовой конденсат из стояков (перед вентилем 17). Это предотвращает резкое повышение давления и разрыв реторт.

В процессе контактирования во избежание попадания паров спирта в магистральный воздухопровод на воздушном отводе в печь (у вентилей 14) ставят заглушку.

Для того чтобы пары спирта не попадали в печь во время регенерации катализатора, магистраль спиртовых паров герметически отключают от печи при помощи заглушки, устанавливаемой около вентилей 15 или 17.

На некоторых заводах заглушки не устанавливают, а контролируют герметичность вентилей при помощи кранов 12 и 16.

Во избежание повышения давления контактного газа в трубопроводах во время аварийной остановки компрессоров в цехе

конденсации контактные трубопроводы снабжают гидравлическими затворами или предохранительными клапанами. Не разрешается стравливать избыточное давление через регенерационный трубопровод, так как общий регенерационный коллектор цеха может быть наполнен горячим воздухом, поступающим из какой-либо печи, в которой подвергается активации катализатор. Стравливание контактных газов в регенерационную систему может вызвать образование в ней взрывоопасных концентраций.

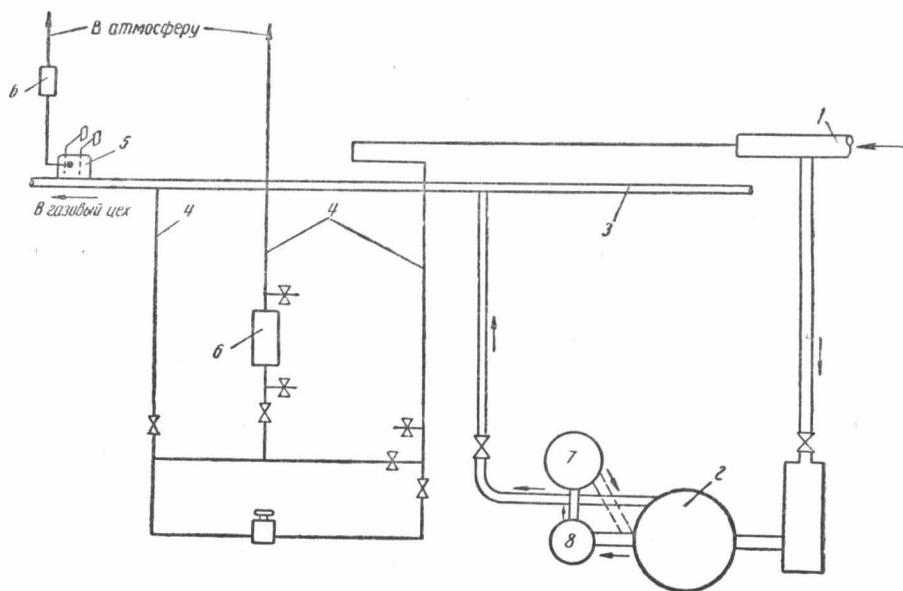


Рис. 79. Схема стравливания газов в компрессорном отделении:

1 — вакуумная линия; 2 — компрессор; 3 — линия высокого давления; 4 — линии стравливания; 5 — предохранитель от избыточного давления; 6 — огнепреградитель; 7 — маслоотделитель; 8 — холодильник.

На некоторых заводах вакуумная линия контактных газов 1 (рис. 79) до компрессоров 2 и линия высокого давления 3 после компрессоров имеют отводы 4 для ручного стравливания. Стояк системы ручного стравливания оборудован огнепреградителем 6. На линии высокого давления перед маслоуловителем (после компрессоров) установлен двойной предохранительный рычажный клапан 5.

В случае остановки вакуумкомпрессоров немедленно прекращаются работа форсунок и подача паров спирта в печь. Об остановке компрессоров сразу же подается сигнал в контактный цех.

При внезапной остановке дымососов во время контактирования должны немедленно выключаться форсунки, так как в противном случае в борове и топке будут скапливаться горючие газы.

На некоторых заводах подача газа в форсунки при остановке дымососов прекращается автоматически. Это достигается установкой на подводе газа специального автоматического прибора, который срабатывает в случае прекращения подачи электроэнергии в двигатели дымососов. Кроме того, дымовые трубы снабжаются паровыми эжекторами, которые создают небольшое разрежение и обеспечивают отсос дымовых газов в случае аварийной остановки дымососов.

Во избежание загорания сажи в боровых необходимо не менее одного раза в год производить чистку дымоходов, печей и центральных боровов. Для целей тушения к боровам подводят водяной пар.

Образование взрывоопасных концентраций во время регенерации предотвращают правильным ведением производственного процесса. Регенерацию осуществляют в такой последовательности:

- 1) магистраль спиртовых паров герметически отключают от печи путем установки заглушки у вентиля 17 (см. рис. 77) перед центральным спиртоперегревателем. Это исключает возможность попадания паров спирта в печь при регенерации;

- 2) после отключения спиртовой линии реторты продувают паром. Перед подачей пара производят спуск конденсата у гребенки;

- 3) проверяют сухость воздуха у гребенки путем открывания вентиля в цех и затем направляют воздух в реторты для регенерации катализатора.

Вентиль контактных газов на печи в течение всего периода регенерации должен быть герметически закрыт во избежание проникновения воздуха в контактный коллектор;

- 4) по окончании регенерации реторты продувают водяным паром с целью вытеснения из них воздуха. Затем включают печь на контактирование, провентилировав предварительно до зажигания форсунок топку.

При выгрузке катализатора вентиль, ведущий в регенерационный коллектор, должен быть закрыт — во избежание проникновения туда воздуха через открытые реторты.

После выгрузки катализатора все змеевики и реторты продувают водяным паром, предварительно спустив из них конденсат.

Затем реторты загружают свежим катализатором.

При прорыве паров спирта или контактных газов в цех, при наличии в помещении резкого запаха спирта или газа, при остановке дымососов и компрессоров, а также при розливе спирта или мазута положение считают аварийным. В этом случае гасят форсунки и принимают все меры для ликвидации аварии, вплоть до выключения печи.

При возникновении пожара на рабочем месте печь немедленно выключают, а реторты обязательно продувают водяным паром.

Сборные трубопроводы контактных газов имеют изоляцию и подвод водяного пара для заполнения и продувки их в случае ремонта или пожара.

При производстве ремонтных и сварочных работ необходимо:

а) охладить контактную печь путем вентиляции через боров; очистить от мазута форсуночные коробки и кожухи печи;

б) удалить пары спирта из реторт путем продувки их водяным паром в течение 15 мин.; одновременно продуть коллекторы спиртовых паров и контактных газов, после чего печь отключить от системы материальных трубопроводов; на линии паров спирта после центральных перегревателей поставить заглушку;

в) произвести анализ воздуха и повторять его в течение всего периода ремонта; пробы воздуха вблизи места ремонта не должны содержать пожароопасных паров и газов;

г) приготовить все имеющиеся средства пожаротушения.

Перед началом сварочных работ на продуктовых коллекторах их продувают паром в течение 12 час., а затем продувают и заполняют азотом или углекислотой до полного вытеснения непредельных углеводородов и понижения концентрации кислорода до 5%.

При ремонте печей с остановкой всего цеха коллекторы контактного газа предварительно продувают паром в течение трех часов.

Пуск газовых форсунок после ремонта печей производят путем последовательной продувки всей газовой системы: газопроводов, топки и дымоходов.

На вводе газа в цех и на продувочных свечах должны быть установлены огнепреградители.

Газовые и мазутные форсунки после остановки необходимо отводить в сторону от топочной камеры во избежание проникновения туда через неплотности форсунок горючей жидкости или газа.

Печи, у которых в контактном газе обнаружен кислород в количестве 2% и выше, нужно немедленно останавливать для ремонта и устранения неплотностей.

Коллектор контактного газа надо систематически испытывать на определенное давление. Эти испытания дают возможность предотвратить появление неплотностей и факелов горящего газа.

Реторты с обнаруженным прогаром следует немедленно выключать.

Ремонт задвижек на трубопроводах с контактным газом разрешается производить при условии обеспечения полной безопасности работ. Для этого необходимо:

а) установить на всех печах вакуум в 5—10 мм;

б) погасить форсунки и тщательно закрыть форсуночные окна;

в) непрерывно омыывать ремонтируемые задвижки струей азота или углекислоты.

В заключение необходимо отметить, что контактное и ма-

шинное отделения относятся к производствам категории Г, а катализаторное — к категории Д, поэтому светильники, электропроводка, телефоны и другое электрооборудование могут быть нормального типа.

В печном отделении разрешается применять открытый огонь для растопки печей.

Во избежание распространения огня в случае возникновения пожара спиртоиспарительное и контактное отделения нужно изолировать друг от друга несгораемыми стенами.

в) Цех конденсации

Контактный газ в цех конденсации поступает под разрежением за счет вакуумкомпрессоров. В цехе газ проходит через ряд конденсаторов, в которых происходит конденсация паров этилового спирта, высших спиртов, эфиров и альдегидов. Водно-спиртовой конденсат подвергается последовательно отгонке и ректификации с выделением легколетучих фракций, спирта регенерата, высших спиртов и фузельной воды. Эфиروальдегидный конденсат подвергается сначала отмывке с выделением углеводов и водно-спиртового конденсата, а затем ректификации с получением других продуктов.

Первые конденсаторы охлаждаются водой, а последний — рассолом, представляющим собой охлажденный раствор спирта в воде.

Несконденсировавшиеся газы (дивинил, псевдобутилен, водород и др.) вакуумкомпрессором направляются под давлением в газовый цех.

Особенностью цеха конденсации является многообразие продуктов и аппаратов, в которых протекают различные процессы при различных технологических режимах работы. Одни из этих аппаратов работают под разрежением, другие — под избыточным давлением.

В аппараты, работающие под разрежением, при незначительных неплотностях засасывается воздух, а из аппаратов, работающих под избыточным давлением, происходит утечка продукта в помещение цеха.

Основные рабочие продукты цеха конденсации представляют собой легкогорючие газы или жидкости. Контактный газ образует взрывоопасные смеси с воздухом в пределах 3,9—23,1%.

Наибольшая опасность возникает при прекращении подачи в конденсаторы воды или охлаждающего рассола и при остановке вакуумкомпрессоров. Оба случая приводят к резкому повышению давления во всей установке, появлению неплотностей и утечке продукта в цех.

Значительную опасность представляет компрессорное отделение. Здесь наблюдается наиболее сильная утечка газов в помещение.

При чистке и ремонте аппаратов пожар может возникнуть

в результате воспламенения осадков альдегидной смолы и термополимеров, которые самовозгораются на открытом воздухе.

Основные пожарно-профилактические мероприятия для цеха конденсации следующие: применение герметичной аппаратуры; стравливание из аппаратов избыточного давления контактного газа в атмосферу через огнепреградитель, имеющий 4—6 слоев сетки; устройство вентиляции и местных отсосов, особенно в компрессорном отделении; применение воды и негорючих газов при чистке конденсаторов во избежание самовозгорания осадков альдегидной смолы; устройство изолированных помещений для отделений конденсации, ректификации, компрессорного, сборников и цистерн.

Слив производственных жидкостей или промывных вод в канализацию без предварительной дегазации их отгонкой или другим способом не допускается.

Конструктивные элементы здания, система отопления и вентиляция должны соответствовать требованиям, предъявляемым к производствам категории А, а электрооборудование — к производствам категории В-1.

Для тушения пожаров необходимо иметь в цехе запасы воды, негорючих газов, асбестовые одеяла, песок и огнетушители.

В случае загорания газа, прорвавшегося из трубопроводов или колонн, одновременно с тушением нужно отключить данную линию или аппарат.

г) Газовый цех

В газовый цех поступает смесь несконденсировавшихся газов (дивинил, псевдобутилен, водород и др.). Из этой смеси в цехе улавливается дивинил. В результате ряда последовательно протекающих процессов (поглощение дивинила спиртом, выделение его из спирта, отделение от легколетучих газов и альдегида, ректификация и щелочная осушка) получается чистый дивинил-ректификат.

Процесс поглощения дивинила спиртом из контактного газа происходит в скрубберах (абсорберах) под избыточным давлением. При этом частично поглощаются псевдобутилен, альдегиды, эфиры и углеводороды.

Выделение дивинила из насыщенного спирта производится в отгонных колоннах при температуре свыше 90°C . При этом вместе с дивинилом выделяются псевдобутилен и альдегиды, близкие к нему по температуре кипения, и получается дивинил-сырец. Для удаления из дивинила-сырца легколетучих веществ и улавливания альдегида и спирта сырец последовательно пропускают через отгонные и отмывочные колонны. В отгонных колоннах удаляются легколетучие вещества (направляемые обратно в цех конденсации), а в отмывочных колоннах альдегид поглощается водой.

Окончательная очистка дивинила осуществляется в ректификационных колоннах.

В газовом цехе производятся также побочные операции по разгонке альдегидной воды, отмывке и ректификации кубовых остатков.

Все аппараты цеха работают под давлением в несколько атмосфер и при повышенной температуре, за исключением абсорберов.

Получаемый в цехе дивинил хранится в больших количествах в цистернах под давлением около 2—4 атм.

Все вещества, обращающиеся в газовом цехе, относятся к легковоспламеняющимся продуктам. Повышенные температуры и давления в аппаратах цеха приводят к утечке этих продуктов даже при нормальной работе аппаратов. В случае же нарушения режима работы и целостности аппаратов в цехе образуются взрывоопасные концентрации. Это обусловливается характеристикой обращающихся в аппаратах продуктов — горючих газов, спирта, дивинила, псевдобутилена.

Газ до скрубберов состоит из ряда веществ — водорода, дивинила, эфиров, бутилена, метана, этилена и др. Пределы взрыва газа — 3,9—23,1 %.

Газ после скрубберов состоит главным образом из водорода, этилена, пропилена, метана и углекислого газа. Он горит, пределы его взрыва — 5—27,3 %.

Дивинил (C_4H_6) относится к непредельным углеводородам. Он в 1,87 раза тяжелее воздуха. Хранят его в жидком состоянии под давлением, температура кипения равна — 4,5° С. В воде почти не растворяется. Обладает большим давлением паров. При 0° давление насыщенного пара равно 905 мм рт. ст., при 35° С — 2934 мм рт. ст. Температура вспышки паров ниже — 50° С, температура самовоспламенения +423° С. Пределы взрыва паров — 1,6—10,8 %.

Псевдобутилен (C_4H_8) является основным спутником дивинила. Он представляет собой бесцветную жидкость с температурой кипения +1° С. Температура самовоспламенения +439° С. Пределы взрыва паров — 1,8—7,8 %.

Таким образом, все эти продукты имеют низкий нижний предел взрыва паров и относительно низкую температуру самовоспламенения.

Основные аппараты цеха — скрубберы, отгонные и ректификационные колонны — были рассмотрены в предыдущих главах. Поэтому следует остановиться только на особенностях их пожарной опасности.

Скрубберы располагаются на открытом воздухе, и следовательно, возможно образования взрывоопасных концентраций в результате утечки продукции на этом участке невелика.

Наибольшую опасность в пожарном отношении представляют насосы, которые перекачивают спирт из одной колонны в другую и находятся в помещении. Утечка продукта происходит через неплотности сальников, герметичность которых весьма трудно обеспечить.

Особенностью отгонных и ректификационных колонн является отложение в них продуктов полимеризации, которые в результате набухания могут вызвать разрывы вентилей и трубопроводов. Губчатый полимер и термополимер могут привести к возникновению пожара при чистке и ремонте аппаратов, так как они самовозгораются на воздухе.

Весьма опасны кубовые остатки, так как в них постепенно накапливаются перекисные соединения, которые в процессе разгонки при отсутствии острого пара или воды могут вызвать взрывной распад.

Специфическими пожарно-профилактическими мероприятиями для газового цеха являются: проверка герметичности аппаратов и трубопроводов в установленные сроки; оборудование аппаратов линиями стравливания для выпуска избыточного давления газов (на этих линиях должны быть установлены огнепреградители), подвод углекислого газа в выкидную трубу после скрубберов для ликвидации загорания газа при выбросе его в атмосферу в случае избыточного давления; автоматическое регулирование температуры и давления в аппаратах; установка на колоннах предохранителей от избыточного давления; борьба с образованием термополимеров путем подачи в аппараты определенного количества ингибиторов; применение воды при очистке аппаратов для предотвращения самовозгорания термополимеров; применение азота для продувки колонн перед пуском их в работу и ремонтом.

Во избежание взрывного распада перекисных соединений разгонку кубовых остатков производят острым паром или в присутствии воды.

Термополимеры, извлекаемые из аппаратов при их ремонте, собирают в металлические ящики и удаляют из цеха.

В случае загорания термополимера его тушат водой, асбестовыми одеялами, углекислотой, песком.

Остальные пожарно-профилактические мероприятия для газового цеха — общие для всех производств категории А.

д) Цех полимеризации

В цехе полимеризации имеются три отделения: мерно-конденсационное, катализаторное и отделение полимеризации.

Каждое из этих отделений характеризуется своими специфическими особенностями.

Мерно-конденсационное отделение обычно размещается в помещении с небольшой площадью, но в несколько этажей, связанных между собой внутренними лестницами.

В отделении располагаются различные аппараты: мерники с жидким дивинилом, смесители, холодильники, сборники, водостойники и насосы. В этих аппаратах сосредоточивается значительное количество жидкого дивинила и конденсата газов стравливания, находящихся под избыточным давлением в несколько атмосфер.

Основная опасность отделения заключается в возможности образования взрывоопасных концентраций в результате утечки дивинила через большое количество фланцевых соединений и безмерные стекла, которые часто лопаются.

Поскольку пары дивинила тяжелее воздуха, они осаждаются в нижних слоях помещения и создают взрывоопасные смеси с воздухом.

Катализаторное отделение чрезвычайно опасно в пожарном отношении, так как в нем, кроме натрия и сплава натрия с калием, постоянно находятся горючие жидкости — вазелиновое масло, керосин и парафин. При возникновении горения натрия и калия происходит воспламенение этих жидкостей.

Катализатор готовят следующим образом.

Натрий и калий расфасовывают в бронекамерах и смесь их расплавляют в электропечах под слоем парафина. Полученный сплав отливают в формы в виде барабанов, из которых на токарном станке режут весьма тонкую ленту.

Опасность всех этих операций вытекает из специфических свойств натрия и калия.

Натрий — мягкий серебристый чрезвычайно активный щелочной металл уд. веса 0,97. При нагревании выше 500° С он загорается, образуя при достаточном количестве воздуха перекись натрия.

Окисление натрия на воздухе при нормальной температуре не приводит к его воспламенению.

Нагретый натрий бурно реагирует с галоидами, нередко с воспламенением. Очень энергично натрий взаимодействует с водой, выделяя при этом большое количество тепла:



Такое количество тепла вызывает воспламенение водорода образующегося в результате этой реакции.

Натрий реагирует также со спиртами и альдегидами, но менее энергично, чем с водой, и выделяющийся при этих реакциях водород не загорается.

Калий по свойствам напоминает натрий. С водой он реагирует еще более энергично.

Поэтому при попадании в катализаторное отделение атмосферной или почвенной влаги может возникнуть пожар. Как показывает практика, даже при отливке сплава натрия в формы часто наблюдаются воспламенение и горение водорода у стенок стаканов, так как на их поверхности, особенно зимой, оседает конденсат.

Отмечены также случаи взрывов в катализаторном отделении, вызванных падением натрия на пол.

Отделение полимеризации относится к числу наиболее пожароопасных участков технологического процесса. По существу, это отделение представляет собой самостоятельный цех с большим количеством полимеризаторов, наполненных жид-

ким дивинилом под давлением до 9 атм. Такой цех может иметь более сотни полимеризаторов емкостью каждый около 3 м³. Кроме того, в цехе сосредоточивается значительное количество натрия.

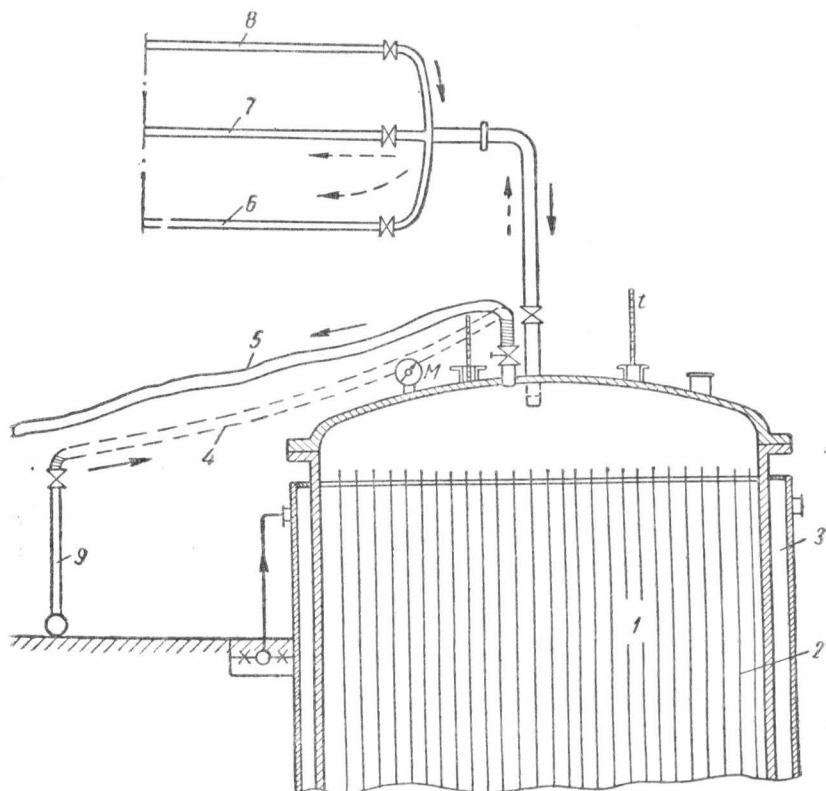


Рис. 80. Схема полимеризатора с коммуникациями:

1 — полимеризатор; 2 — стержни; 3 — рубашка; 4 — гибкий шланг; 5 — гибкий вакуум-шланг; 6 — линия основного стравливания; 7 — линия дополнительного стравливания; 8 — линия подачи дивинила; 9 — азотная линия.

Пожарная опасность цеха обуславливается, с одной стороны, возможностью утечки дивинила через фланцевые соединения (при их ослаблении) и образования взрывоопасных концентраций, а с другой, — возможностью появления влаги (вследствие наличия водяных коммуникаций и гребенок для подачи воды в рубашки полимеризаторов — рис. 80) и взаимодействия ее с натрием.

Это подтверждается следующими примерами.

На одном из заводов проверяли герметичность фланцевых соединений дивинильной линии. В момент проверки и установления места утечки газа в траншее произошел взрыв, в результате которого все помещение было взоружено.

На другом заводе взрыв произошел в помещении осушителей дивинила в момент устранения неплотностей фланцевых соединений с применением обычных ключей. Воспламенение паров дивинила вызвала искра, образовавшаяся при ударе стального ключа о трубу. Пожар быстро перешел на деревянные покрытия. Для тушения были применены мощные водяные струи.

На практике отмечены случаи взрывов в отделении полимеризации, которые происходили в момент устранения утечки дивинила у центрального штуцера полимеризатора с применением стальных ключей для подтяжки болтов.

Утечка дивинила часто вызывается недоброкачеством прокладок между крышкой и корпусом полимеризаторов или слабой затяжкой болтов. При повышении давления в полимеризаторах в результате ненормального течения процесса в прокладках появляются неплотности или происходит прорыв, т. е. создаются условия для утечки дивинила.

Повышение температуры и давления в аппаратах может быть следствием интенсивного подогрева в начале реакции и недостаточного охлаждения в последующие периоды, а также несвоевременного и недостаточного стравливания газов в процессе реакции.

Причиной утечки дивинила может быть недостаточно тщательная проверка герметичности фланцевых соединений аппаратов при испытании их азотом. В случае испытания аппаратов на давление менее 9 атм невозможно обнаружить все неплотности, которые образуются при реакции полимеризации. Через эти неплотности происходит утечка дивинила в момент наполнения и эксплуатации полимеризаторов. При наполнении аппаратов дивинилом наблюдается обильное его испарение, так как внутри полимеризаторов поддерживается повышенная температура. После заливки дивинила он также испаряется, потому что полимеризаторы для ускорения начала реакции подогревают горячей водой. Испарение дивинила и повышение вследствие этого давления в аппарате создают условия для утечки паров через имеющиеся неплотности.

Реакция полимеризации, протекающая при температуре 60—65° С и давлении 7—8 атм*, сопровождается выделением большого количества тепла, что может привести к интенсивному повышению температуры и давления.

Регулирование температуры и давления производят за счет охлаждения и частичного стравливания избыточного давления. Недостаточное охлаждение может быть причиной не только повышения давления и утечки паров, но и образования термополимеров, способных самовозгораться на воздухе. Недостаточное и несвоевременное стравливание газов приводит к резкому повышению давления и разрыву фланцевых соединений у штуцеров полимеризаторов.

* А. П. Крючков. Общая технология синтетических каучуков. Химиздат, 1952.

В момент стравливания газов наблюдается забивка вентилей полимером, что затрудняет регулирование давления, а иногда делает невозможным нормальный процесс стравливания. Это также может вызвать повышение давления и утечку газов.

При отсутствии контрольного подогрева возможна выгрузка плохо заполимеризовавшегося блока, которая сопровождается интенсивным газовыделением в помещение цеха. К таким же последствиям приводит недостаточный отсос газов по окончании реакции полимеризации. Разгрузка полимеризаторов без наполнения их азотом представляет большую пожарную опасность, так как аппарат при этом заполнен горючими газами, а обильное газовыделение часто заканчивается образованием взрывоопасных концентраций.

В вакуумной линии взрывоопасные концентрации могут образоваться в момент отсоса газов и подсоса воздуха вследствие негерметичности коммуникаций.

В цехе полимеризации могут появляться различные источники воспламенения.

При загрузке в полимеризаторы стаканов с натрием большая опасность возникает в случае попадания на него воды. Влага может быть занесена в цех вместе со стаканами, так как их перевозят из натрового отделения, расположенного в другом корпусе, под открытым небом. Даже если стаканы закрывают брезентом, влага может попасть на них при неосторожном снятии брезента. Кроме того, влага может проникать в полимеризаторы или в цех из водяных коммуникаций, особенно через неплотности кранов у распределительных гребенок (см. рис. 80).

При неосторожной разгрузке стаканов с тележек или загрузке их в полимеризаторы возможно искрение в результате ударов металла о металл. Искрение возможно также при установке крышек полимеризаторов.

Характерным источником воспламенения являются термополимеры, которые образуются при повышенных температурах и давлениях в блоках каучука и в местах застоя дивинила — стояках, торцах и т. д.

Термополимер — это губчатое, рыхлое вещество желтого цвета, способное самовозгораться на воздухе благодаря интенсивному окислению. Признаком образования термополимера в блоках является интенсивное повышение температуры реакции (выше 20°C в час).

При использовании для полимеризации шихты с малым содержанием дивинила и значительным содержанием конденсата газов стравливания получается пожароопасный продукт, в состав которого входят натрийорганические соединения. Эти соединения весьма нестойки, они интенсивно окисляются вплоть до самовозгорания. В момент открывания полимеризаторов натрийорганические соединения могут вызвать пожар или взрыв.

При разгрузке полимеризаторов воспламенение часто вызывают искры, высекаемые при ударе инструмента или крышки о

корпус аппарата. Во время разгрузки возможно падение кусочков полимера с натрием на пол. В случае попадания на них влаги происходит воспламенение. Иногда натрий остается на стенках и дне стаканов. При очистке стаканов, а также при увлажнении натрия могут возникнуть взрывы или загорания.

Источником влаги являются водяные коммуникации. Кроме того, влага проникает в цех через фонари, оконные и дверные проемы, ее заносит на ногах и одежде обслуживающий персонал, она конденсируется при сжатии увлажненного воздуха в процессе работы пневматических подъемников, служащих для разгрузки и загрузки стаканов.

Особую пожарную опасность представляет мелкий технический ремонт аппаратов, выполняемый во время их работы. При подтягивании напряженных болтов возможен разрыв их или срыв ключей с образованием искр. Пожары и взрывы от искр наблюдались на практике.

Для предупреждения пожаров и взрывов в цехе полимеризации необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия.

В катализаторном отделении основное внимание нужно обращать на защиту натрия (и калия) от проникновения к нему влаги. Основные запасы натрия хранят в герметических барабанах весом по 100 кг, а калия — в банках по 3,5 кг. Хранение сплава натрия и калия допускается лишь под слоем обезвоженного керосина или трансформаторного масла в стальных бачках с плотно закрывающейся крышкой.

Для защиты катализатора от окисления и действия влаги все операции с ним выполняют в среде масла или парафина. В частности, расфасовку катализатора обычно осуществляют в специальных бронекамерах в среде вазелинового масла. Бронекамера изолирует катализатор от внешней среды. Плавку катализатора в электропечах ведут в среде парафина, а отлив в формы — в среде вазелинового масла. Отлитые болванки до резки хранят в масляной среде.

Резку болванок на ленты производят под постоянным орошением раствора, состоящего из смеси парафина и вазелинового масла. При этом орошение осуществляют таким образом, что лента сразу же, в момент ее отделения от болванки, смачивается парафиновым раствором с обеих сторон. Это предотвращает окисление катализатора. Полученную ленту сразу погружают в решетку, опущенную в лоток с маслом. После заправки катализаторных лент в зажимы их подвешивают на каркас стаканов и обливают парафином.

Заряженные катализатором стаканы тщательно протирают снаружи тряпкой, смоченной керосином.

Перед отправкой в отделение полимеризации стаканы со стержнями тщательно укрывают сверху исправным брезентом.

Катализаторное отделение запрещается устраивать в подвальных помещениях. Уровень пола в натриевой комнате должен

быть выше уровня земли. Полы, стены и оборудование следует протирать только керосином. Инвентарь и инструмент катализаторного отделения, передаваемые на ремонт, необходимо очищать от натрия и протирать керосином.

Для тушения пожара в катализаторном отделении можно применять сухой песок, асбестовые одеяла, сухие огнетушители, азот, тальк. В отделении согласно нормам должно быть не менее двух ящиков с песком, трех асбестовых одеял и трех сухих огнетушителей. Кроме того, должна быть линия подвода азота.

Пожарная опасность процесса применения катализатора значительно уменьшается при замене его специальной каталитической смесью (пастой), состоящей из натрия, каучука, мела, парафина и других компонентов. Паста практически пожаробезопасна, так как не загорается от огня и не воспламеняется от воды. Кроме того, в случае применения пасты дивинил полимеризуется в парофазном состоянии при более низких давлениях.

Однако приготовление пасты представляет большую пожарную опасность. Поэтому хранить и разливать ее в противни необходимо под обезвоженным керосином или трансформаторным маслом. Опасной операцией является и введение пасты в каталитическую массу. При этом также необходима полная защита от влаги.

В отделении полимеризации для обеспечения пожарной безопасности необходимо предупреждать выход горючего из полимеризаторов. Это достигается применением для их изготовления механически прочного и химически стойкого материала, который не должен быть антикатализатором процесса полимеризации. Материал испытывают на прочность в соответствии с правилами Котлонадзора.

Испытание полимеризаторов на герметичность нужно проводить перед каждым циклом их работы, т. е. перед подачей в них дивинила. На практике полимеризаторы испытывают азотом после загрузки в них стаканов и подтяжки болтов крышки. Давление азота должно превышать рабочее давление в полимеризаторах. В течение всего периода испытания допускается падение давления азота на 0,1 атм за счет охлаждения газа.

Для большей герметичности паранитовые прокладки перед установкой крышки необходимо смазывать минеральным маслом.

После пневматического испытания азот из компрессоров стравливают и в аппаратах создают вакуум 600—650 мм рт. ст. Затем в аппараты заливают шихту, содержащую определенное количество дивинила, и подогревают их некоторое время для интенсификации процесса.

При этом рост температуры не должен превышать 5° за 15 мин. — во избежание резкого повышения давления. Давление в аппаратах поддерживают примерно в пределах 7 атм за счет стравливания легколетучих продуктов. При достижении температуры 45—50° С подогрев дивинила прекращают, так как реакция полимеризации протекает с выделением тепла. Допускае-

мая температура полимеризации — примерно $60-75^{\circ}\text{C}$, а давление — $7-8\text{ атм.}$

Для предотвращения резкого повышения температуры полимеризаторы в процессе работы охлаждают проточной водой. Поддержание нормальной температуры и давления исключает возможность образования термополимеров.

Аппараты перед загрузкой тщательно очищают от остатков каучука на стенках и дне, так как в результате длительного нагревания эти остатки могут перейти в термополимеры. Во избежание образования термополимеров в местах застоя продукта штуцеры, пробки для манометров и другие «мертвые» углубления аппаратов покрывают ингибитором.

При резком повышении давления в полимеризаторах его стравливают в основную линию стравливания (см. рис. 79). При обнаружении пропуска газов из аппаратов или при выбросе прокладки стравливание нужно вести медленно.

По окончании реакции полимеризации прекращают охлаждение полимеризаторов. Затем в течение нескольких часов производят дополимеризацию, чтобы заполимеризовать оставшийся дивинил и частично испарить его для передачи в холодильники. Этот процесс протекает при подогреве аппаратов горячей водой и обеспечивает получение блока с минимальным содержанием газов. Благодаря этому при разгрузке аппаратов почти не наблюдается выделения газов. По окончании дополимеризации в течение нескольких часов производят стравливание в основную и дополнительную линии до создания нормального давления.

В случае аварийного стравливания дивинила выводное отверстие шланга необходимо отвести от цеха на расстояние не менее 15 м. Разгрузка аппаратов допускается только после тщательного отсоса газов в течение примерно 8 час. при вакууме не менее 500 мм рт. ст. и температуре не менее 50°C . После отсоса газов аппараты наполняют азотом (или CO_2) до создания нормального давления.

По окончании разгрузки полимеризаторов их тщательно очищают, предварительно продув негорючим газом для удаления остатков дивинила и псевдобутилена.

Для устранения источников воспламенения необходимо осуществлять следующие мероприятия.

В отделении следует устанавливать подъемные и транспортные приспособления, конструкция которых исключает возможность искрения в процессе эксплуатации.

Воздух, подаваемый в пневматические подъемники, нужно подвергать сушке. На магистралях отсоса газов из полимеризаторов, перед выходом их из цеха, нужно ставить огнепреградители, имеющие не менее $4-6$ слоев сетки.

Во избежание попадания в помещение влаги двери, ведущие в цех, при дожде и снегопаде надо плотно закрывать. Перед каждой входной дверью следует подстилать мат для очистки обу-

ви. Крыши должны полностью защищать цех от проникновения в него атмосферных осадков.

Нельзя охлаждать крышки полимеризаторов льдом, так как это приводит к увлажнению воздуха. На некоторых заводах крышки охлаждают пропуском по змеевику псевдобутиленового конденсата — продуктов стравливания из полимеризаторов, охлажденных в холодильниках.

Рабочие, находящиеся внутри полимеризаторов во время их чистки, должны иметь чистые полотенца для вытирания пота.

Водяные коммуникации необходимо размещать вне цеха, а подводку к аппаратам производить в траншеях.

В процессе эксплуатации аппаратов, особенно при загрузке и выгрузке их, нужно внимательно следить за отсутствием течи из водяных коммуникаций, расположенных в цехе, особенно из водяных гребенок полимеризаторов.

Выгруженные блоки для защиты от атмосферных осадков надо тщательно укрывать брезентом и немедленно отправлять в цех обработки.

«Горелые» блоки разрешается выгружать не ранее, чем через 24 часа после окончания отсоса, в присутствии представителей пожарного надзора. После выгрузки блоки следует немедленно направлять для разделки или сжигания в специально отведенное место.

При очистке аппаратов и трубопроводов от термополимера его необходимо сразу же удалять из цеха в специальное место. Чистку испарителей в холодильных отделениях во избежание воспламенения термополимера нужно производить при полном заполнении их водой.

Крышки полимеризаторов разрешается чистить только ножами и щетками из цветного металла.

При возникновении в цехе пожара необходимо прекратить подогрев аппаратов, дать в их рубашки холодную воду и стравить избыточное давление в линию аварийного стравливания. Одновременно следует принять меры для ликвидации загорания. При тушении можно применять асбестовые одеяла, сухой песок, сухие огнетушители, углекислый газ и азот.

е) Цех обработки полимера

Пожарная опасность цеха обуславливается обработкой в открытом виде пожароопасного полимера каучука, содержащего значительное количество натрия.

Поступающие в цех стаканы, наполненные полимером каучука в виде сплошного блока, взвешивают и после выемки зажимов из блока опорожняют. Чтобы блок не прилипал к поверхности стакана, его дно перед загрузкой в полимеризатор смазывают глицерином, содержащим тальк.

Разрезав блок на куски, составляют замес из разных сортов полимера каучука и обрабатывают его на вакууммешалках для

отсоса легколетучих газов и придания каучуку однородности и стабильности.

Стабильность каучука достигается при добавлении к нему определенного количества антиокислителя (например, неозона).

Окончательную обработку каучука производят на вальцах (рифайнерах), где включения натрия равномерно распределяются по всей массе каучука и фактически превращаются в соли.

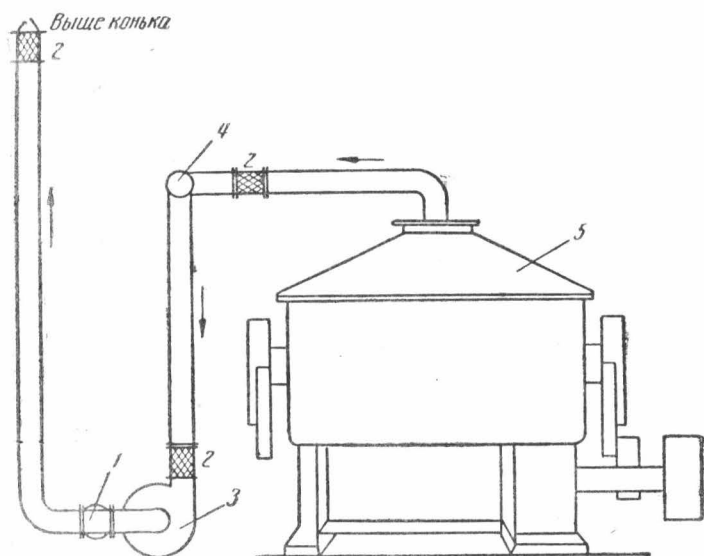


Рис. 81. Схема вакууммешалки:

1 — обратный клапан; 2 — огнепреградитель; 3 — вентилятор; 4 — коллектор; 5 — вакуумсмеситель.

Таким образом, пожарная опасность цеха заключается в наличии большого количества перерабатываемого легкогорючего материала — полимера, содержащего к тому же газообразные примеси и остатки натрия.

Очень опасным процессом является обработка блоков до вакууммешалок. При этом, как показывает практика, часто наблюдаются вспышки в результате взаимодействия обнаженного натрия с влагой. Такие вспышки возможны на всех стадиях обработки, начиная от выемки зажимов и кончая резкой и разделкой блоков, пока натрий сохраняет активность. Загорания полимера часто возникают вследствие самовоспламенения термополимера, находящегося в блоке.

При разделке блоков в результате обнажения термополимера загорается весь блок.

Большую опасность представляют также вакууммешалки (рис. 81).

Внутри мешалелей при недостаточной продувке их азотом или вследствие подсоса воздуха через неплотности образуются взры-

воопасные смеси. Взрывы этих смесей, часто сопровождающиеся разрывом крышек мешателей, могут произойти при попадании внутрь аппарата воды из водяной рубашки, при образовании разрядов статического электричества или при попадании в мешалки вместе с полимером металлических предметов. Разряды статического электричества часто вызывают также вспышки и загорания на вальцах.

Кроме того, газы отсоса из мешалок, которые проходят через вакуумкомпрессоры, являются горючими, так как состоят в основном из псевдобутилена и дивинила.

Для устранения пожарной опасности в цехе необходимо проводить следующие мероприятия.

Блоки, содержащие значительное количество термополимеров, нельзя принимать в цех, а надо сразу же отправлять на сжигание.

Блоки, содержащие незначительное количество термополимеров и остатки газов, нужно разделявать при действии местного отсоса.

Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы из бесстержневых и особенно стержневых блоков были полностью отсосаны легколетучие газы.

Блоки, из которых не отсосаны газы, а также содержащие термополимер, разрешается разделявать только при непрерывной подаче в стакан углекислоты или азота. Струю азота следует подавать в стакан как при выемке зажимов, так и после удаления блока. Присутствие пожарного надзора при этих операциях обязательно.

В случае обнаружения в блоке термополимера его нужно тщательно выбрать и немедленно удалить из цеха для сжигания.

Натрий, извлекаемый при разделке стержневых блоков, обычно удаляют из цеха для сжигания. Вакуummешалки во избежание проникновения внутрь их воздуха в начале каждой смены испытывают на максимальный вакуум и на герметичность.

Кроме того, перед загрузкой мешалок проверяют их чистоту, а во время загрузки следят, чтобы туда не попали посторонние тела.

При вынужденной остановке работающей вакуummешалки вакуум немедленно стравливают углекислотой или спиртом.

На линии отсоса от каждой вакуummешалки устанавливают огнепреградитель. Второй огнепреградитель ставят на отводе газов до всасывающего штуцера компрессора и третий — на выхлопе газов в атмосферу (см. рис. 81).

Конструкция огнепреградителей должна позволять легко снимать сетки для очистки их от полимеризующихся продуктов отсоса.

На выхлопном штуцере вакуумкомпрессора во избежание проникновения воздуха в мешалку в случае остановки компрессора устанавливают обратный клапан. Газоотводную трубу для

выброса псевдобутилена и других газов отсоса в атмосферу выводят выше конька крыши здания не менее чем на 2 м.

Для тушения пожара применяют асбестовые одеяла, углекислый газ, азот, сухие огнетушители.

Около каждого гнезда для выемки стержней или гребенок должны находиться баллон с углекислым газом или азотом, ящик с песком, два асбестовых одеяла.

На каждые два комплекта вальцов следует иметь баллон с углекислым газом или азотом, ящик с мелом или тальком и асбестовое одеяло.

Горящий полимер целесообразно тушить всеми средствами—углекислым газом, азотом, тальком, мелом, асбестовыми одеялами.

В случае вспышки или загорания полимера в вакуummешалке, при его загрузке или выгрузке, полимер закрывают асбестовым одеялом и под него подают углекислый газ или азот из аварийного баллона.

* * *

Производство СК из спирта, а также из ацетилена представляет значительную пожарную опасность. Новые методы производства СК путем эмульсионной сополимеризации исходного сырья и коагуляции полученного латекса в водных растворах менее пожароопасны, а процесс коагуляции вообще безопасен. Эти методы должны получить широкое распространение.

Но сам синтетический каучук является горючим веществом, причем различные его виды мало отличаются друг от друга по температуре самовоспламенения. Как показали опыты, минимальная температура самовоспламенения натурального каучука равна 400°С, а синтетического: дивинильного 338—340°С, стирольного 393—394°С и нитрильного 432°С. Каучук легко горит с выделением большого количества тепла и копоти.

Под действием высоких температур каучук разлагается с образованием горючих газов. По данным ЦНИИПО, при температуре 300°С количество образующихся газов составляет 56,7%.

Эту особенность необходимо учитывать при хранении каучука, так как пожар на его складе может сопровождаться взрывами. Тушить каучук необходимо мощными струями с охлаждением всей массы.

Все рассмотренные цехи производства СК (за исключением контактного отделения и отделения обработки каучука) относятся к категории А. Поэтому здания в соответствии с Н 102—54 должны быть I или II степени огнестойкости, с выделением самостоятельных процессов в изолированные помещения. Отопление разрешается устраивать центральное водяное или паровое низкого давления. Осветительная арматура, проводка и все электрооборудование должны быть взрывозащищенного исполнения.

Особое внимание следует обращать на соответствие предъявляемым требованиям и исправность вентиляционных устано-

вок, а также на соблюдение противопожарного режима в цехах и на территории завода. На заводе запрещается курить, употреблять открытый огонь, зажигательные и искрообразующие средства и инструменты. Для устранения неплотностей, подвертывания болтов и муфт разрешается пользоваться только бронзовым или стальным, покрытым смазкой, инструментом. Отогревать краны и трубопроводы можно только горячей водой или паром.

Г л а в а X I

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА ГИДРИРОВАННЫХ ЖИРОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для превращения жидких жиров в твердые или в жиры с более высокой температурой плавления их насыщают водородом в присутствии катализатора. Этот процесс называется гидрогенизацией жиров.

Жидкие жиры состоят из сложной смеси глицеридов, т. е. сложных эфиров трехатомного спирта — глицерина и непредельных высокомолекулярных жирных кислот — олеиновой, линолевой, линоленовой и др. *

При гидрогенизации атомы водорода присоединяются к глицеридам в месте разрыва двойных связей, вследствие чего образуются предельные насыщенные соединения и жиры из жидкого состояния переходят в твердое. Схематично эту реакцию можно представить в следующем виде:



Гидрированные жиры требуются для производства хозяйственного и туалетного мыла, свечей, специальных смазок, а также маргарина и других пищевых продуктов.

Вопросы гидрогенизации жиров разработаны выдающимся русским технологом С. А. Фокиным. Он изучил процесс гидрогенизации жиров на платиновом катализаторе и осуществил его в производственных условиях на Казанском жировом заводе.

Технологический процесс гидрогенизации жиров включает следующие операции: производство водорода (электролитическим или железопаровым способом), очистку газов, очистку и предварительный подогрев жидких масел и жиров, приготовление катализатора, превращение жидких жиров в твердые (саломас).

Рассмотрим вопросы, непосредственно связанные с превращением жидких жиров в твердые.

Процесс превращения жидких жиров в твердые путем насыщения их водородом протекает в специальных аппаратах — автоклавах после соответствующей подготовки сырья. В ав-

* Проф. А. А. Зиновьев. Химия жиров. Химиздат, 1952.

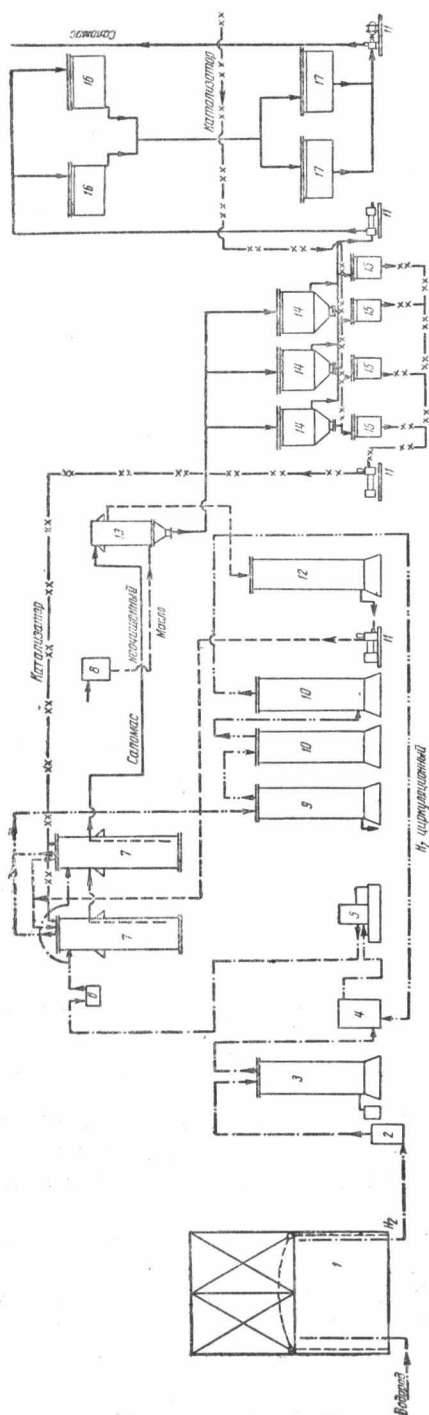


Рис. 82. Схема технологического процесса производства твердых жиров:

1 — газгольдер водорода; 2 — водяной затвор; 3 — каплеуловитель; 4 — смеситель; 5 — компрессор; 6 — газораспределитель; 7 — автоклавы; 8 — масломерник; 9 — скрубберы; 10 — насосы; 11 — подогреватель масла; 12 — теплообменник; 13 — теплообменник; 14 — отстойники саломас; 15 — дозирочные мешалки катализатора; 16 — разварочные чаны; 17 — приемные коробки.

токлавы загружают масло (жидкий жир), катализатор и подают водород.

Водород поступает в автоклавы из газгольдера через гидравлический затвор, каплеуловитель, смеситель и газораспределитель (рис. 82).

В автоклавах водород в присутствии катализатора насыщает жидкий жир, превращая его в твердый (саломас). Непрореагировавший водород из автоклавов проходит в очистительную систему (каплеуловители и скрубберы), а оттуда снова направляется на гидрирование через смеситель.

Жидкий жир со склада через запасный бак, масломерники и теплообменник поступает в подогревательную колонну, где нагревается предварительно до 220°C и затем паровым насосом подается в автоклавы.

Из автоклавов саломас проходит через газоотделитель и тот же теплообменник, отдавая тепло поступающему маслу, и направляется в отстойники. Из отстойников отделившийся катализатор спускается в дозирочные мешалки, а саломас перекачивается насосом в разварочные чаны, где подвергается

обработке слабым 8—10-процентным раствором серной кислоты для удаления остатков мельчайших частиц никеля.

Осветленный саломас после промывки водой поступает в приемные коробки.

Применяется и другая схема процесса гидрогенизации. По этой схеме масло сначала подвергается очистке — осветлению, вакуумсушке и фильтрации на фильтр-прессах, а затем без предварительного подогрева поступает в автоклавы (рис. 83). Здесь масло подогревается паром, проходящим по змеевикам под давлением 3—4 атм. Автоклавы оборудованы мешалкой. Восстановление катализатора протекает также в автоклавах.

Процесс превращения жидких жиров в твердые представляет значительную пожарную опасность. В помещениях гидрогенизации сосредоточены аппараты с пожароопасным сырьем: жидким маслом, жирами и водородом.

Водород — горючий газ, образующий с воздухом взрывоопасные смеси. Пределы его взрываемости 4—80 %, минимальная температура самовоспламенения 456° С.

Масла и жиры — горючие жидкости с температурой вспышки 250—300° С. При повышенной температуре, порядка 250—280° С, они начинают разлагаться с выделением акролеина, окиси углерода и углеводородов различного состава — олефинов, нафтенов, парафинов. Продукты разложения еще более пожароопасны, чем исходное сырье, так как имеют более низкую температуру самовоспламенения (до 250—260° С).

Пожарная опасность производства гидрированных жиров усугубляется тем, что процесс насыщения жиров водородом протекает при повышенных температурах и давлениях. Температура в

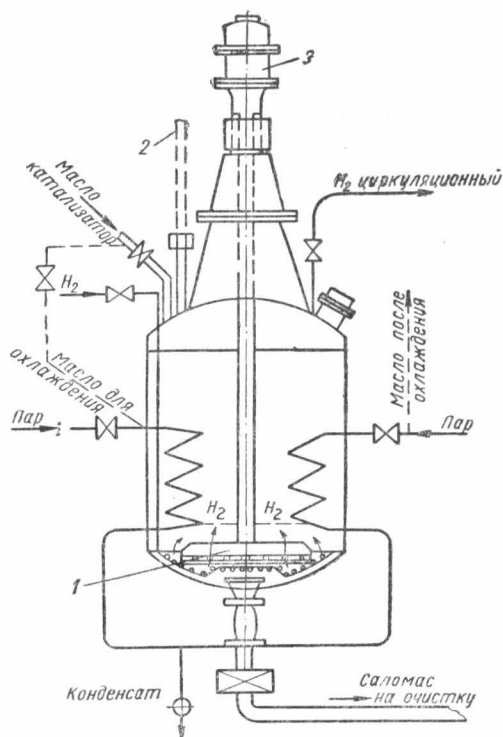


Рис. 83. Современный автоклав с внутренним подогревом:
1 — мешалка; 2 — предохранительная труба;
3 — двигатель.

автоклавах иногда превышает температуру вспышки жиров, а давление поддерживается в среднем в пределах 3—4 атм. В современных установках давление доходит до 100 атм и более.

Аппараты, особенно очистные, имеют большой объем и содержат значительное количество жидких нагретых жиров и масел. Некоторые аппараты (например, очистные чаны) открыты, и жиры в них не изолированы от окружающей среды.

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ЦЕХОВ ПРОИЗВОДСТВА

а) Цех приготовления катализатора

Наибольшее распространение в гидрогенизационной промышленности получил катализатор,готавливаемый из муравьинокислого никеля.

Значительное распространение имеет также медно-никелевый катализатор, получаемый путем разложения смеси углекислых солей никеля и меди.

Наибольшую пожарную опасность представляет процесс приготовления катализатора из муравьинокислого никеля. В него входят следующие операции:

приготовление раствора сернокислого никеля;

подготовка и предварительная обработка муравьинокислого натрия;

осаждение муравьинокислого никеля, отделение полученного осадка от раствора, промывка и сушка осадка при температуре 100—105° С;

обработка фильтрата и промывных вод;

разложение муравьинокислого никеля.

Первые четыре операции не опасны.

Пятая операция — разложение муравьинокислого никеля в масляной среде в специальных ретортах с механической мешалкой при температуре 240° С и при интенсивной подаче водорода — представляет значительную пожарную опасность. Водород начинают подавать в реторту при температуре 170° С для удаления из нее продуктов разложения. Сильный ток водорода разбивает образующуюся в реторте пену и не допускает выбрасывания в цех содержимого реторты. При нагреве масла до 220° С температура в реторте начинает быстро расти за счет теплоты реакции, поэтому дальнейший нагрев реторты прекращают. После этого реторту выдерживают около часа при температуре 240—250° С, не прекращая подачи водорода, и затем при помощи насоса выгружают катализатор.

Как видно из схемы технологического процесса, разложение катализатора протекает в присутствии горючего газа при повышенных температурах и при наличии в помещении открытого огня горелок. Опасными моментами при этом являются пуск водорода в реторту, выгрузка катализатора и утечка водорода в помещение.

В момент открывания люка при выгрузке катализатора из ре-

торт старой конструкции возможно образование в них взрывоопасной смеси. При нарушении герметичности трубопроводов и реторт происходит утечка водорода в помещение.

Такие реторты перед началом работы и выгрузки необходимо продувать азотом или углекислым газом, а в процессе их эксплуатации не допускать утечки газа и следить за режимом зажигания и тушения горелок.

В ретортах новой конструкции катализатор выгружается при помощи насоса и опасность образования взрывоопасной смеси исключается, если при выгрузке не создается вакуум.

Приготовление медно-никелевого катализатора дешевле, проще и безопаснее, чем разложение муравьинокислого никеля. Это объясняется тем, что разложение смесей углекислых солей меди и никеля обычно производят непосредственно в автоклавах для гидрогенизации. С отсутствием реторт устраняется одна из пожароопасных операций технологического процесса.

Однако при таком катализаторе заметно усиливается разделение трубопроводов и швов автоклавов.

б) Цехи очистки и подогрева масла

Все жиры содержат примеси, вредно действующие на катализаторы. Поэтому перед гидрогенизацией жиры подвергают очистке. Наибольшее распространение получила щелочная очистка. В нее входят следующие операции (в зависимости от сорта масла):

- подготовка щелочного раствора;

- обработка масла водой либо слабым раствором щелочи или кислоты;

- нейтрализация масла раствором щелочи в открытых чанах при температуре 50—60° С (или 80—90° С);

- промывка масла водой при температуре 85—90° С также в открытых чанах;

- сушка масла в вакуум-аппаратах при температуре 85—87° С и отбелка его отбелочной землей;

- фильтрование масла на фильтр-прессах при температуре 75—80° С.

Технологический процесс очистки, как правило, протекает при невысоких температурах с использованием водных растворов или воды и не представляет большой пожарной опасности. Однако применяемые при этом аппараты имеют большой объем и содержат значительное количество жидких нагретых масел и жиров. В большинстве аппаратов масло не изолировано от внешней среды, вследствие чего происходит промасливание их наружной поверхности и наблюдается осаждение паров на конструкциях. Это создает благоприятные условия для развития пожара.

Для того чтобы водород взаимодействовал с маслом, необходимо нагреть масло до температуры 180—220° С. Подогрев можно осуществлять непосредственно в автоклавах и в специальных

нагревательных котлах, используя для этого открытый огонь (дымовые газы), насыщенный водяной пар высокого давления (30—60 атм), перегретую воду при давлении 100 атм или электрический ток. Наибольшее распространение получили два способа подогрева — при помощи пара и электрического тока.

Самым старым и пожароопасным способом подогрева является огневой. При этом способе стальной котел для подогрева жиров монтируется непосредственно в топке. Стенки котла, соприкасаясь длительное время с открытым огнем, трескаются и дают течь. Вследствие неравномерности подогрева масло перегревается и разлагается у стенок котла. В результате этого на стенках отлагаются твердые частицы, которые ухудшают теплопередачу, вызывают местные перегревы, трещины и прогары, что приводит к попаданию масла в топку. В раскаленной топке масло воспламеняется, причем нередко пожар принимает большие размеры. Неравномерность подогрева может вызвать также выброс масла из котла (в случае наличия в масле воды), а это приводит к возникновению открытого пожара.

Основные пожарно-профилактические мероприятия для установок огневого подогрева заключаются в устранении возможности местных перегревов стенок котла, прогорания стенок и выброса масла.

Местные перегревы устраняют непрерывным перемешиванием масла в котле механическими мешалками, перекачиванием масла насосами из нижней части котла в верхнюю или применением нагревательных котлов непрерывного действия.

В процессе эксплуатации огневых установок контролируют температуру масла измерительными приборами. Температура подогрева не должна превышать 220—230° С.

Вспенивание и выброс масла при подогреве предотвращают путем предварительного удаления из масла влаги. На современных установках это достигается вакуумсушкой масла в процессе его очистки. На случай прогорания котла топочное пространство оборудуют устройством для паротушения.

Значительного снижения пожарной опасности огневых установок можно достигнуть уменьшением количества одновременно подогреваемого масла. Изобретатель Константинов сконструировал нагревательный аппарат, представляющий собой стальной змеевик, укрепленный в топке с газовой форсункой. Масло для нагревания перекачивается насосом через змеевик, который обогревается пламенем и дымовыми газами. Этот аппарат менее пожароопасен, чем котел, так как в змеевике находится сравнительно небольшое количество масла. Однако он не лишен других недостатков.

Вследствие несовершенства и большой пожарной опасности огневого метода подогрева масла наши заводы переходят к более совершенным и безопасным способам, в частности к электроподогреву.

При этом способе в масло погружают систему стальных полюс (проводов), по которым пропускают электрический ток. Температура подогрева колеблется в пределах $230\text{--}240^\circ\text{C}$. Электроподогрев отличается легкостью и простотой регулирования скорости и степени нагрева масла.

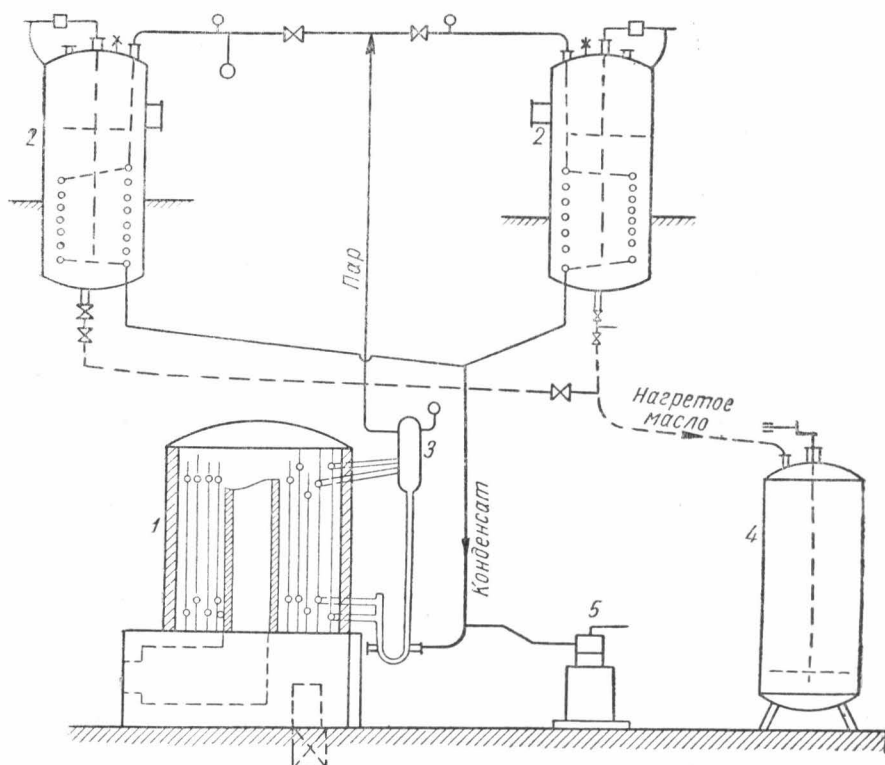


Рис. 84. Схема маслоподогрева со змеевиковым парообразователем:

1 — парообразователь; 2 — маслонагревательные котлы; 3 — водоотделитель;
4 — автоклав; 5 — питательный насос.

Пожарная опасность при этом способе возникает только в результате сильного перегрева и разложения масла или попадания вместе с маслом воды, быстрое испарение которой может закончиться взрывом подогревательной колонны.

Меры профилактики в основном сводятся к контролю температуры и предварительному удалению из масла воды.

В новых установках, внедряемых в нашу промышленность, теплоносителем является насыщенный водяной пар высокого давления. С применением этих установок устраняется пожарная опасность подогрева масел.

Паровая установка (рис. 84) состоит из парообразователя 1 и двух маслонагревательных котлов 2. Парообразователь представляет собой змеевик из цельнотянутых толстостенных труб,

укрепленных в печи. Вода, проходя через нагретый змеевик, превращается в насыщенный пар, который через водоотделитель 3 поступает в змеевик маслонагревательного котла. Здесь пар отдает свое тепло маслу и конденсируется. Конденсат возвращается обратно в змеевик, а нагретое масло направляется в автоклавы 4. Давление в замкнутой системе змеевиков составляет 60 *атм*, что обеспечивает нагревание масла до 220—240° С. Циркуляция продукта в установке происходит самопроизвольно, для чего котлы устанавливают на определенной высоте над парообразователем.

Такие подогревательные установки не представляют пожарной опасности, так как теплоносителем в них служит пар, а масло полностью изолировано от внешней среды.

Другая распространенная установка с водотрубным котлом дает пар давлением 30—60 *атм*, который поступает либо непосредственно в змеевики автоклава, либо в змеевики маслонагревательного котла. Технологическая схема работы установки не отличается от предыдущей.

в) Автоклавный цех

Насыщение масел водородом происходит в автоклавах при повышенных температурах и давлениях в присутствии катализатора. Существует несколько типов автоклавов.

Автоклавы, не имеющие приспособлений для нагревания масла и регулирования температуры в процессе гидрогенизации, представляют собой цилиндр со стенками толщиной 10—20 *мм*, работающий под давлением не выше 0,5—0,8 *атм*. Они снабжаются термометром, манометром и предохранительным клапаном. Высота слоя масла в них равна 3,8 *м*.

Автоклавы с приспособлениями для нагревания масла перед гидрогенизацией и регулирования температуры в процессе гидрогенизации представляют собой цилиндр, в котором имеются две секции змеевиков (по три змеевика в каждой). Одна секция предназначена для нагревания масла паром высокого давления, а вторая — для охлаждения содержимого автоклава в процессе гидрогенизации. Охлаждение производится подачей в змеевик холодного масла.

С 1945 г. началось применение автоклавов с механическими мешалками турбинного типа для перемешивания масла в процессе гидрогенизации (см. рис. 83). Эти автоклавы также оборудованы змеевиками для нагревания и охлаждения масла. Они работают под давлением 3 *атм*.

В последнее время появились автоклавы, работающие под давлением 6 *атм*, и автоклавы высокого давления, порядка 125—130 *атм*, которые имеют обычно небольшие размеры.

Пожарная опасность автоклавного цеха обусловливается наличием большого количества автоклавов с пожароопасным сырьем, нагретым до высокой температуры и находящимся под большим давлением.

В процессе эксплуатации автоклавов нарушается их герметичность в местах соединений и через образовавшиеся неплотности происходит утечка обрабатываемых продуктов.

Основная причина появления неплотностей заключается в коррозирующем действии водорода и продуктов разложения масел. Процесс коррозии ускоряется высокой температурой в автоклаве, достигающей иногда до 270—280°C, и повышенным давлением.

Утечке продукта через образовавшиеся неплотности способствует избыточное давление в автоклаве. Кроме того, водород обладает большой диффузионной способностью.

При повышении температуры и давления происходит разложение масел с последующим увеличением давления и выделением побочных продуктов, которые имеют значительно меньшую температуру самовоспламенения, чем жиры. Эти продукты при спуске гидрированного жира из автоклавов вызывают пожары при температуре 250° С, тогда как температура самовоспламенения масел равна 350° С.

На одном из гидрогенизационных заводов по этой причине часто происходили пожары сборников саломаса.

Сборники были расположены на улице, имели одну вентиляционную трубу и загорались в момент спуска в них саломаса при температуре в автоклавах порядка 250—260° С. Относительная замкнутость сборников создавала условия для образования в них горючих систем продуктов разложения.

После устройства дополнительных вентиляционных отверстий и улучшения условий проветривания сборников пожары прекратились.

Особенность гидрогенизационных заводов заключается в закупорке трубопроводов загустевшим охлажденным саломасом. Это приводит к повышению давления в системе при дальнейшей транспортировке саломаса и выгрузке его из автоклавов.

Значительную пожарную опасность представляют фильтр-прессы. В результате утечки масла через неплотности рам под прессом накапливается большое количество масла, которое может воспламениться от какого-либо источника. После фильтрации масло проходит по открытым желобам, что также опасно. Кроме того, промасленная фильтровальная ткань при хранении ее до регенерации может самовозгореться.

Иногда пожары в гидрогенизационной промышленности возникают вследствие самовозгорания промасленной спецодежды рабочих (если ее хранят в шкафах).

Опасность самовозгорания спецодежды и промасленных концов зависит от рода масла и его способности окисляться, что в свою очередь обуславливается содержанием в масле непредельных соединений, в основном, сложных эфиров (глицеридов) олеиновой, линолевой и линоленовой кислот. Эта способность косвенно выражается иодным числом. Чем больше непредельность масла, тем больше его иодное число и склонность к самовозгоранию.

По величине иодного числа масла и жиры распределяются следующим образом*:

* Проф. А. А. Зинovieв. Химия жиров, Химиздат, 1952.

1. Льняное масло	175—200
2. Тюлений жир	145—182
3. Конопляное масло	145—167
4. Подсолнечное масло	127—136
5. Соевое масло	114—139
6. Китовый жир	102—144
7. Хлопковое масло	101—121
8. Сурепное масло	98—104
9. Рапсовое масло	91—106
10. Касторовое масло	82— 86
11. Оливковое масло	75— 88

Более опасны в пожарном отношении водородные компрессоры и в целом компрессорное помещение. Это объясняется утечкой водорода и возможностью образования взрывоопасных концентраций.

Пожарно-профилактические мероприятия для автоклавного цеха заключаются в устранении возможности утечки водорода из аппаратов и в создании условий, предотвращающих воспламенение саломаса при его спуске из автоклавов в отстойники.

Утечка водорода устраняется при полной герметичности мест соединений аппаратов и трубопроводов. Поэтому за ними необходимо регулярно наблюдать, не допуская образования неплотностей.

Во избежание разложения масел и жиров в автоклавах и самовоспламенения саломаса при спуске его в отстойники нельзя повышать температуру в автоклавах более 250—260° С. Для этого нужно следить за показаниями контрольно-измерительных приборов. Если в автоклавах нет змеевиков для охлаждения, то температуру в них можно регулировать за счет количества подаваемого водорода. При повышении температуры в автоклавах выше нормальной необходимо уменьшить доступ в них водорода.

При спуске саломаса в отстойники температура его не должна превышать 240° С. Поэтому саломас обычно пропускают через теплообменник, где он охлаждается. Выгрузка саломаса происходит либо самотеком, либо под давлением водорода. В последнем случае нужно следить, чтобы водород не прорвался наружу через отстойники и фильтр-прессы.

После спуска из автоклавов саломас не должен оставаться в трубопроводах, так как при остывании он может закупорить их. Поэтому трубам обычно придают уклон, а после спуска саломаса их продувают.

При эксплуатации автоклавов необходимо следить за давлением в системе. Его можно регулировать при помощи компрессоров. Кроме того, на каждом автоклаве устанавливают предохранительный клапан против избыточного давления.

Во избежание образования взрывоопасных концентраций в помещении автоклавного цеха его оборудуют соответствующей системой вентиляции.

Для предотвращения самовозгорания фильтровальной ткани ее после употребления подвергают регенерации.

При ремонте и пуске автоклавов следует соблюдать общие правила, установленные для аппаратов, содержащих горючие газы или горючие жидкости.

Степень огнестойкости здания цеха, система отопления, вентиляция, разрывы и планировка помещения должны соответствовать требованиям «Противопожарных норм строительного проектирования» (Н 102—54), а освещение и электрооборудование — требованиям «Правил устройства электротехнических установок».

Согласно Н 102—54, степень огнестойкости здания в целом или его частей, выделенных брандмауерами, устанавливается по наиболее пожароопасному производству.

Исключение допускается только в тех случаях, когда площадь или объем помещения, занятого производством с наибольшей пожарной опасностью, незначительны по отношению к площади или объему всего помещения и когда приняты меры, устраняющие возможность образования местной взрывоопасной концентрации горючих паров и газов или распространения пожара за пределы участка, имеющего повышенную пожарную опасность.

Следовательно, чтобы определить требуемую степень огнестойкости здания, необходимо установить категорию производства по его пожарной опасности. В соответствии с Н 102—54 процессы очистки и хранения масел относятся к категории В, процессы гидрогенизации (автоклавное отделение) — к категории А, процессы приготовления катализатора без применения водорода — к категории Г.

Отделения очистки масел, приготовления катализатора и гидрогенизации обычно размещают в самостоятельных зданиях или изолированных друг от друга помещениях. Здание автоклавного отделения должно быть одноэтажным не ниже I или II степени огнестойкости, с легким покрытием или с площадью остекления (либо легкобросываемых панелей) не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 помещения. Отопление может быть водяным, паровым низкого давления или воздушным. Рециркуляция воздуха для целей отопления не допускается. Светильники, электропроводка и все электрооборудование должны быть взрывозащищенного исполнения. Вентиляцию разрешается применять естественную, обеспечивающую безопасные концентрации газа в помещении.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА СКЛАДОВ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава XII

СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ТИПЫ ХРАНИЛИЩ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под складом легковоспламеняющихся и горючих жидкостей понимают комплекс сооружений, построек и оборудования, приспособленных для приема, хранения и отпуска жидкостей, а также для подсобных работ (масловарение, изготовление заменителей дефицитных нефтепродуктов, регенерация масел, получение менее загрязненных и обводненных жидкостей) и административно-хозяйственных нужд.

Склады, производящие прием, хранение и отпуск нефтепродуктов, называются нефтебазами.

В зависимости от назначения склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей разделяются на две группы (в соответствии с Н 108—53).

К первой группе относятся склады, представляющие собой самостоятельные предприятия и предназначенные для хранения запасов жидкостей и снабжения ими потребителей.

Ко второй группе относятся склады, входящие в состав промышленных, транспортных и других предприятий или хозяйств, на которых хранятся запасы жидкостей для удовлетворения собственных производственных нужд, а также склады МТС, совхозов, колхозов, аэропортов, железнодорожных станций, речных и морских портов и автоэксплуатационных хозяйств.

В зависимости от общей емкости склады разделяются на три категории (согласно Н 108—53). В первую категорию входят склады емкостью более 30 001 м³, во вторую — от 6001 до 30 000 м³, в третью — до 6000 м³.

Жидкости хранятся на складах в емкостях (резервуары, цистерны, ямы-амбары) и в таре (бочки, барабаны, бидоны, контейнеры и т. п.).

Для хранения жидкостей в таре устраиваются специальные здания (закрытые тарные хранилища) или открытые площадки.

Склады жидкостей по роду применяемых устройств и расположению относительно горизонта (уровень прилегающей территории) бывают следующих типов.

1. **Наземные** — днище резервуаров или пол здания хранилища

находится на одном уровне с наименьшей планировочной отметкой прилегающей территории или выше ее. Сюда же относятся резервуары и здания, заглубленные в землю менее чем на половину их высоты.

2. Полуподземные — резервуары или здание хранилища заглублены в землю не менее чем на половину их высоты, причем наивысший возможный уровень жидкости в резервуарах или разлившейся жидкости в хранилище находится выше наименьшей планировочной отметки прилегающей территории не более чем на 2 м.

3. Подземные — наивысший возможный уровень жидкости в резервуарах или разлившейся жидкости в хранилище находится ниже наименьшей планировочной отметки прилегающей территории не менее чем на 0,2 м.

Прилегающей к резервуару или к зданию хранилища территории считается площадь, расположенная в пределах 6 м от стенок резервуара или стен здания хранилища.

К подземным резервуарам приравниваются емкости, имеющие обсыпку высотой не менее 0,2 м над наивысшим уровнем жидкости и шириной не менее 6 м, считая от стенок емкости до бровки обсыпки.

4. Безопасные — подземные хранилища (резервуары), в которых жидкости находятся под защитой огнепреградителей или негорючих газов и воды.

Наиболее распространенным типом емкостей для хранения больших количеств ЛВЖ являются резервуары. Их изготавливают из стали, железобетона или камня. Каменные резервуары с железобетонными покрытиями применяются редко и только для хранения темных нефтепродуктов.

Ямы-амбары представляют собой открытые хранилища и служат только для временного хранения мазутов и гудронов.

СТАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

Наибольшее распространение на складах ЛВЖ получили стальные резервуары. Они бывают различной формы — цилиндрические, прямоугольные, шаровые и полушаровые (сфероиды). В настоящее время строятся главным образом цилиндрические резервуары — вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные стальные резервуары применяются главным образом для наземной установки. Согласно ГОСТ 2486—51, емкость их составляет от 100 до 10 000 м³, максимальный диаметр — 33,35 м и высота — до 12,53 м (сварные резервуары).

Клепанные вертикальные цилиндрические резервуары марки РВК-5500 и РВК-10500 имели емкость соответственно 5500 и 10500 м³, диаметр — 24,79 и 34,32 м, высоту — 11,79 и 11,44 м.

Основанием для вертикальных резервуаров служат песчаные подушки толщиной 200—350 мм.

Днища резервуаров имеют плоскую форму и являются нера-

бочим элементом, так как гидростатическое давление продукта воспринимается песчаным фундаментом.

Крыши по форме бывают конические, сферические и плоские. У резервуаров, предназначенных для хранения светлых нефтепродуктов и нефтей с высоким давлением пара, крыши должны быть герметичными.

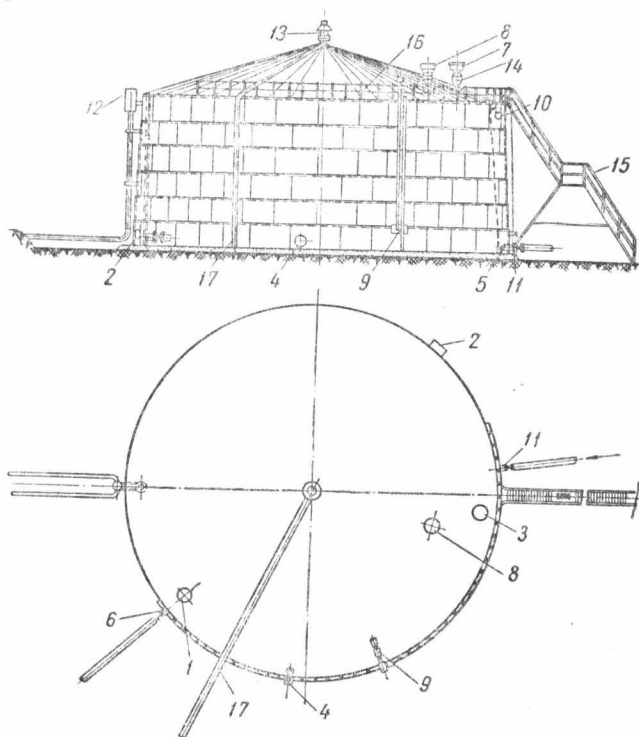


Рис. 85. Вертикальный стальной резервуар с оборудованием:

1 — лаз верхний; 2 — лаз нижний; 3 — люк для взятия пробы; 4 — сифонный кран; 5 — хлопушка; 6 — патрубок для отпусковой трубы; 7 — механический дыхательный клапан; 8 — гидравлический предохранительный клапан; 9 — указатель уровня; 10 — направляющие ролики масляного затвора для троса хлопушки; 11 — лебедка; 12 — камера для впуска пены; 13 — ороситель; 14 — огнепреградитель; 15 — лестница; 16 — ограждение; 17 — водопровод.

В резервуарах для светлых нефтепродуктов применяются преимущественно покрытия с пологим уклоном. При наличии пологих покрытий уменьшается паровое пространство, а следовательно, сокращаются объемы, в которых могут образоваться взрывоопасные паровоздушные смеси.

Плоские крыши резервуаров имеют обычно небольшой уклон для стока ливневых вод.

Несущими конструкциями крыш служат стропила (для небольших емкостей) или металлические полуфермы с прогонами. Кровли, как правило, устраиваются сварными из листовой стали.

Для выполнения операций по приему, хранению и отпуску продуктов резервуары оборудуются специальной гарнитурой и арматурой (рис. 85) согласно ГОСТ 3746—47.

Горизонтальные стальные резервуары применяются главным образом на складах предприятий и хозяйств. Они имеют небольшую емкость — до 51 м^3 . Максимальный диаметр их — $3,5 \text{ м}$, длина — 12 м . Оборудование горизонтальных резервуаров должно соответствовать ГОСТ 4618—49.

По расположению относительно горизонта резервуары бывают наземные и подземные.

Наземные резервуары устанавливаются на кирпичных, бутовых, бетонных или других фундаментах из негорючих материалов.

Подземные резервуары устраиваются для уменьшения потерь от «малых дыханий», так как суточные колебания температуры в грунте практически отсутствуют. Обычно в подземных резервуарах хранятся светлые нефтепродукты (рис. 86).

С точки зрения пожарной безопасности, предпочтение следует отдавать подземным безказематным резервуарам, так как они не имеют свободных замкнутых пространств, где в случае утечки ЛВЖ могут образоваться взрывоопасные концентрации.

В последнее время широкое распространение получили горизонтальные и вертикальные стальные резервуары, защищенные от действия и давления грунта внешней железобетонной оболочкой.

На стальную оболочку резервуара, наполненного водой, накладывают бетон путем торкретирования. После затвердения бетона и освобождения резервуара от воды стальная оболочка сжимается и в бетоне возникают предварительные напряжения сжатия, предотвращающие возможность появления трещин. Бетон хорошо защищает также стенки резервуара от коррозии.

Резервуары с железобетонной оболочкой не имеют казематов, кроме шахты для ввода трубопроводов, и обладают значительными преимуществами с точки зрения герметичности.

Шаровые стальные резервуары применяются для хранения светлых нефтепродуктов с давлением паров до 6 атм . Они вы-

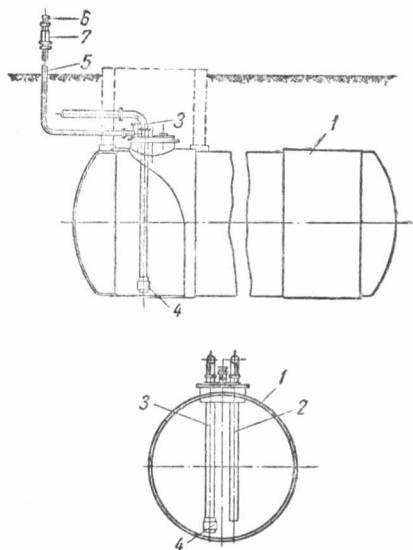


Рис. 86. Горизонтальный подземный резервуар с оборудованием:

- 1 — резервуар; 2 — наполнительная труба;
- 3 — заборная труба; 4 — обратный клапан;
- 5 — дыхательная труба; 6 — огнепреградитель; 7 — дыхательный клапан.

полняются сварными из отдельных выштампованных сегментов (рис. 87).

Хранение нефтепродуктов под давлением позволяет задерживать в резервуаре испарившиеся пары, а следовательно, уменьшает потери от испарения.

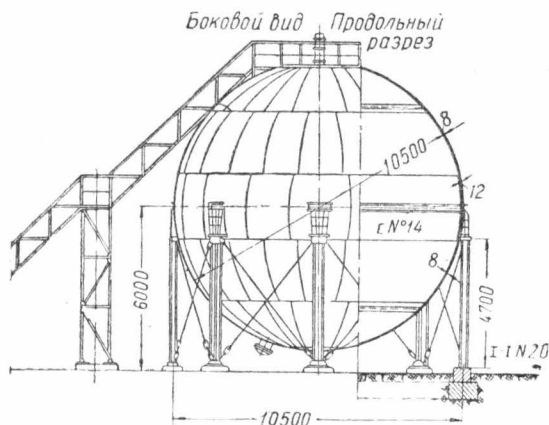


Рис. 87. Шаровой резервуар.

Шаровые резервуары оборудуются специальной контрольно-измерительной аппаратурой: предохранительным клапаном, предназначенным для выпуска избыточного давления; дыхательным вакуумным клапаном, предотвращающим возможность образования в резервуаре вакуума при усиленном отборе продукта или резком снижении температуры внешней среды; измерительными приборами, служащими для замера количества продукта, определения температуры и отбора проб.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

Нефтепродукты, не содержащие серы и нафтеновых кислот, не оказывают химического воздействия на бетон. Поэтому для их хранения можно применять железобетонные резервуары.

Эти резервуары имеют круглую или прямоугольную форму с куполообразной или плоской крышей. Они бывают подземные и полуподземные (рис. 88) и служат главным образом для хранения темных нефтепродуктов (моторное, дизельное и котельное топливо, битум, мазут и пр.). В последнее время железобетонные резервуары начинают применяться также для хранения светлых нефтепродуктов.

Железобетон обладает меньшей теплопроводностью, чем сталь. Благодаря этому температура хранимого продукта и газового пространства мало меняется, и испарение продукта происходит медленно.

Для защиты железобетонных резервуаров от температурных

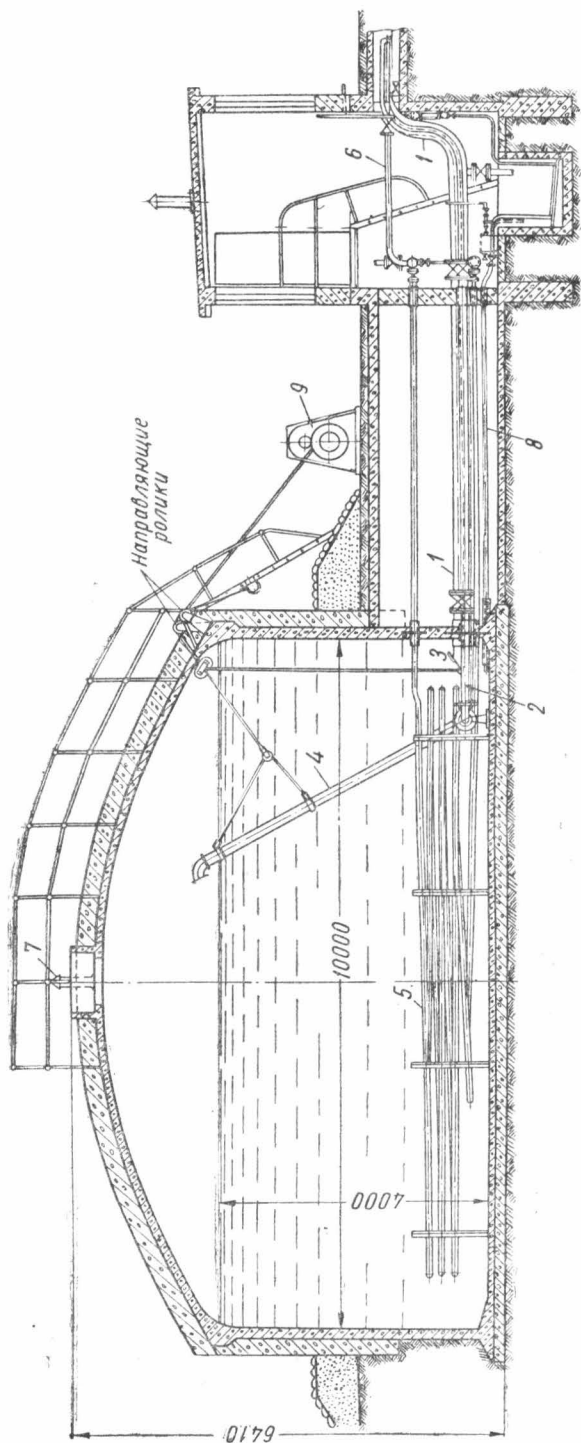


Рис. 88. Железобетонный резервуар полуподземного типа:

1 — подводный трубопровод с клапанами; 2 — заборный трубопровод с шарнирной трубой 4; 5 — паровой змеевик; 6 — подвод пара; 7 — вентиляционная труба; 8 — трубопровод для отвода отстойной воды в ловушку; 9 — лебедка.

напряжений их покрывают землей слоем толщиной 0,5—0,7 м или устраивают температурные швы.

К недостаткам железобетонных резервуаров относится трудность наблюдения за состоянием их стен и днища. Наличие же малейших неплотностей и трещин в бетоне может привести к утечке хранимого продукта. Мелкопористая структура бетона создает возможность фильтрации продукта, особенно при повышении температуры.

В последнее время в СССР получили распространение железобетонные резервуары с предварительно напряженной арматурой. В стенках таких резервуаров, наполненных жидкостью, совершенно отсутствуют растягивающие напряжения и благодаря этому достигается большая трещиноустойчивость. Применяются также железобетонные резервуары с водяными экранами, имущества которых отмечены ниже.

Г л а в а XIII

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЕМКОСТЕЙ С ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИМИСЯ И ГОРЮЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости в основном являются продуктами перегонки нефти или сухой перегонки каменного угля, дерева, сланцев и т. п.

Пожарная опасность жидкостей обуславливается их физико-химическими свойствами. Основные из этих свойств следующие: низкая температура кипения и легкость испарения; низкая температура вспышки и способность паров образовывать с воздухом взрывчатые смеси, обладающие значительной разрушительной мощностью;

высокая теплотворная способность и большая скорость сгорания (в связи с этим при пожаре развиваются высокие температуры, происходит быстрое разрушение конструкций и хранилищ. Для тушения такого пожара требуются мощные установки);

малый удельный вес большинства легковоспламеняющихся жидкостей и нерастворимость их в воде (это вызывает необходимость применения специальных средств и методов тушения);

высокий удельный вес паров (вследствие этого они сосредотачиваются в нижних частях помещения и трудно поддаются удалению за счет естественной вентиляции);

способность большинства растворителей при трении образовывать статическое электричество, причем электростатический потенциал может доходить до 13—20 тыс. в, а для воспламенения ЛВЖ достаточно искры от потенциала 500 в;

коррозирующее действие жидкостей на стенки сосудов и хра-

нилищ (коррозия вызывает появление неплотностей в стенках и утечку жидкости, а также образование опасных пирофорных соединений при хранении нефтепродуктов, содержащих серу); способность темных нефтепродуктов к вспениванию при наличии влаги (рис. 89) и к выбросу из резервуара в условиях пожара при попадании на дно воды.

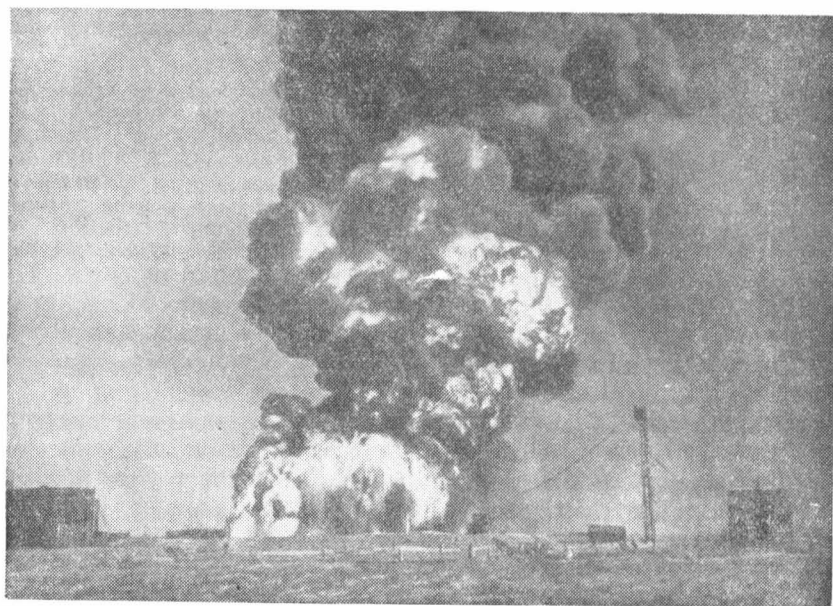


Рис. 89. Момент вспенивания жидкости в резервуаре.

Склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей относятся к пожароопасным объектам, так как в них на сравнительно небольших участках концентрируются значительные количества легкогорючих веществ.

Количество хранимой жидкости не влияет на возможность возникновения пожара, но в значительной степени определяет его размеры. Следовательно, повышенная пожарная опасность складов обуславливается тремя факторами:

сосредоточением больших запасов жидкостей, которые по своим физико-химическим свойствам являются весьма легкогорючими веществами с высокой теплотворной способностью и малой вязкостью;

наличием внутри резервуара, над зеркалом жидкости, паровоздушного пространства, в котором всегда может образоваться взрывоопасная концентрация;

возможностью появления различных источников воспламенения и сложностью тушения возникших пожаров.

УСЛОВИЯ И ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ

Возможность образования взрывоопасных концентраций в резервуарах определяется проникновением внутрь их воздуха и способностью жидкостей к испарению. Воздух поступает внутрь резервуара через неплотности в его отдельных элементах и через дыхательные клапаны при заборе жидкости или понижении температуры окружающей среды.

Эта опасность подтверждается взрывами, наблюдавшимися на некоторых складах.

Например, 27 июня 1950 г. взорвались нефтехранилища в г. Хомсе (Сирия) на складах английской нефтяной компании. По данным печати, в результате взрыва было убито 260 человек и ранено более тысячи. Причиной взрыва оказался пожар, возникший на складах.

В другом случае взорвалась цистерна с лигроином. Взрыв произошел во время ее наполнения в результате удара аккумуляторного фонаря, который в момент открывания задвижки работница уронила внутрь цистерны.

От загоревшейся после взрыва цистерны взорвались еще две, расположенные поблизости.

Взрывчатая смесь паров с воздухом может образоваться не только внутри резервуаров, но и вне их — вследствие утечки продукта или выхода его паров в воздух. Причинами образования взрывчатых смесей могут быть:

негерметичность хранилищ и сообщаемость их внутреннего объема с окружающей средой через дыхательные клапаны;

изменение внешних температурных условий, влияющих на давление паров хранимой жидкости и концентрацию паровоздушной смеси в резервуарах;

изменение уровня жидкости в резервуарах в процессе их наполнения и опорожнения;

повреждение резервуаров в результате механических или химических воздействий (недоброкачественность материалов соединений и прокладок, удары, прострелы, коррозия, электроэрозия и т. п.);

несоблюдение режима эксплуатации и постановки резервуаров на ремонт (переполнение, розлив, негерметическое отключение от системы продуктопроводов, недостаточное проветривание перед ремонтом и т. д.).

Рассмотрим на конкретных примерах, как может изменяться концентрация паров в паровоздушном пространстве резервуаров.

Влияние давления паров хранимого продукта. Состав паровоздушной смеси в резервуарах зависит от давления паров хранимой жидкости. Если принять, что воздух в паровом пространстве резервуара насыщен парами легко воспламеняющихся жидкостей, то концентрацию паров можно определить по формуле:

$$V = \frac{P_{\text{пар}}}{760} \%,$$

где $P_{\text{пар}}$ — давление насыщенных паров жидкости в мм рт. ст. при данной температуре.

Из этой формулы видно, что при одних и тех же температурных условиях концентрация насыщенных паров разных жидкостей различна, так как каждая из них имеет свое давление пара.

Например, для бензина при температуре среды 15°C концентрация паров будет выше верхнего предела взрыва, для этилового спирта — в пределах взрыва, а для керосина — ниже нижнего предела взрыва.

При этом возможность образования взрывоопасных концентраций зависит от температуры вспышки паров и температуры окружающей среды.

Влияние температуры внешней среды. Состав паровоздушной смеси в наджидкостном пространстве резервуаров зависит также от температуры окружающей среды.

При повышении температуры скорость испарения жидкости и давление ее паров увеличиваются. В связи с этим повышается концентрация паровоздушной смеси в резервуарах, которая для одних жидкостей (керосин, спирт и т. п.) может оказаться в пределах взрыва, а для других (бензин, бензол, нефть, ацетон и т. п.) — выйти за верхние пределы взрыва.

На изменение температуры хранимого продукта большое влияние оказывают тепловые источники, наиболее характерными из которых являются солнечные лучи, а в условиях пожара — энергия излучения соседних очагов.

В зависимости от погоды, времени дня и года температура в резервуарах постоянно колеблется, вызывая соответствующее изменение концентрации паров, которые находятся то в пределах взрыва, то вне их.

При понижении температуры давление паров жидкости уменьшается. В связи с этим уменьшается и концентрация паровоздушной смеси внутри резервуара. При наличии в резервуаре паровоздушной смеси с концентрацией паров выше верхнего предела взрыва понижение температуры и давления может привести к образованию взрывоопасных концентраций.

В условиях низких температур (зимой) возникновение взрывоопасных концентраций внутри резервуаров возможно только при хранении легковоспламеняющихся жидкостей.

Вообще взрывоопасные концентрации в паровоздушном пространстве резервуаров образуются лишь в тех случаях, когда температура окружающей среды равна или выше температуры вспышки хранимой жидкости, но не превышает верхнего температурного предела взрыва. Если температура окружающей среды ниже температуры вспышки хранимой жидкости, то концентрация паровоздушной смеси будет ниже нижнего предела взрыва. В табл. 12 приведены нижний и верхний температурные пределы взрыва насыщенных паров некоторых легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в воздухе (по данным ЦНИИПО).

**Температурные пределы взрыва паров легковоспламеняющихся
и горючих жидкостей**

Наименование продукта	Удельный вес	Температурные преде- лы взрыва в °С	
		нижний	верхний
Бензин	0,730	— 36	— 7
Бензин	0,745	— 34	— 4
Бензол	0,880	— 14	+ 12
Бутиловый спирт	0,824	+ 35	+ 52
Винилацетат	0,935	— 8	— 28
Дихлорэтан	1,260	+ 8	+ 31
Изоамидовый спирт	0,816	+ 37	+ 62
Ксилол	0,855	+ 24	+ 50
Керосин тракторный	0,814	+ 15	+ 44
То же	0,823	+ 27	+ 69
Керосин осветительный	0,834	+ 57	+ 87
Мазут „Флотский-20“	0,935	+ 124	+ 145
Нефть зольническая	0,840	— 35	— 14
Нефть туймазинская	0,852	— 21	— 8
Соляровое масло	0,892	+ 116	+ 147
Толуол	0,862	+ 2	+ 26
Этиловый спирт	0,790	+ 11	+ 39

В условиях замкнутого пространства резервуаров вне этих температурных пределов (ниже нижнего и выше верхнего) возможность образования взрывоопасных концентраций исключена.

Влияние изменения уровня хранимой жидкости. Концентрация паровоздушной смеси с резервуаре изменяется в периоды его наполнения и опорожнения.

При опорожнении резервуара уровень жидкости понижается, а свободное пространство увеличивается, в результате чего возникает разрежение и через дыхательный клапан или неплотности в резервуар поступает воздух. Концентрация паровоздушной смеси при этом уменьшается и может оказаться в пределах взрыва. Через некоторое время вследствие испарения жидкости концентрация паров снова увеличивается и достигает первоначальной величины.

При наполнении резервуара или повышении температуры воздуха паровоздушная смесь выбрасывается наружу через дыхательный клапан или неплотности. В этом случае пространство вокруг резервуара и над его крышей, на высоту до 3—5 м, может быть насыщено парами легковоспламеняющейся жидкости, которые при воспламенении от различных источников вызывают пожар вне резервуара.

Из приведенных данных видно, что при нормальных температурах и давлениях в резервуарах с легковоспламеняющимися

жидкостями паровоздушная смесь имеет, как правило, концентрацию выше верхнего предела взрыва. Такая смесь может гореть лишь при соприкосновении или смешении с добавочным количеством воздуха.

В резервуарах же с темными нефтепродуктами паровоздушная смесь обычно имеет концентрацию ниже нижнего предела взрыва. Такая смесь становится взрывоопасной при подаче в резервуар нагретых темных нефтепродуктов или при подогреве их непосредственно внутри резервуара, поскольку это приводит к увеличению испарения.

ИСТОЧНИКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ПРИЧИНЫ ИХ ПОЯВЛЕНИЯ

Основными источниками воспламенения на складах горючих жидкостей могут быть: огонь, искры, тепловое проявление механической и химической энергии, статическое и атмосферное электричество.

Огонь и искры — наиболее распространенная причина пожаров и взрывов хранилищ легковоспламеняющихся жидкостей. Открытый огонь появляется в зоне хранения в тех случаях, когда для освещения хранилищ (при осмотре резервуаров, измерении уровня жидкости и отборе пробы) пользуются фонарями и спичками или когда вблизи резервуаров производят огневые работы и курят.

Искры образуются от удара металлических предметов о стенки или дно резервуара при взятии пробы, замере уровня жидкости, очистке и других операциях. Кроме того, источниками искр могут быть проходящие вблизи паровозы, автомобили, парходы и расположенные поблизости котельные установки. От этих искр возможно возникновение пожара на эстакадах, у разливочных помещений и складов тары.

Статическое электричество образуется при перемешивании легковоспламеняющихся жидкостей по трубопроводам и при наполнении резервуаров или цистерн.

Легковоспламеняющиеся жидкости в большинстве случаев являются хорошими диэлектриками, обладающими весьма малой удельной проводимостью.

При трении жидкостей о металлические тела, разрыве поверхностного контакта жидкости и металла или ударе струи о сосуд на поверхности жидкости и на металлических телах, соприкасающихся с ней, появляются электрические заряды.

Потенциал этих зарядов может достигнуть нескольких тысяч вольт в зависимости от скорости движения жидкости, влажности окружающей среды и наличия воздуха в потоке. Сильные искровые разряды статического электричества вызывают воспламенение или взрыв паровоздушной смеси.

Опытами доказано, что для воспламенения горючей жидкости от искры, образующейся при разряде, достаточно напряжения в 300—500 в.

Разряд с образованием искры может произойти в момент отрыва струи от стенок сопла или трубопровода и в момент удара падающей струи о стенки сосуда.

При наличии в резервуарах посторонних предметов, плавающих на поверхности жидкости, например, приборов для отбора проб, металлических поплавков для замеров уровня и т. п., они играют роль конденсаторов, накапливающих на своей поверхности заряды. Как только такой «конденсатор» приблизится к какому-нибудь заземленному проводнику, например, к стенке резервуара, трубе, металлическому тросу и т. п., произойдет разряд, вызывающий взрыв паровоздушной смеси или воспламенение жидкости.

На одном из заводов во время перекачки бензола по трубе, оканчивающейся у крыши резервуара, произошел взрыв. По заключению комиссии, причиной взрыва был разряд статического электричества, накопившегося на плавающем в резервуаре постороннем предмете. Этот предмет разрядился, приблизившись к стенке резервуара.

На другом объекте взорвался бензиновый резервуар. Взрыв был вызван электростатическим разрядом в момент извлечения пробоотборного прибора из жидкости.

Образование статического электричества и рост потенциала зависят от ряда факторов. Росту потенциала способствуют:

1) значительная продолжительность и скорость истечения жидкости. Опытами доказано, что величина электростатического потенциала есть функция количества поступающей жидкости и времени ее истечения. Чем больше время истечения, а следовательно, и количество поступающей жидкости, тем выше потенциал статического электричества;

2) теплая сухая погода. В такую погоду меньше статического электричества отводится в окружающую среду;

3) разбрызгивание жидкости при подаче ее по трубопроводу, заканчивающемуся в верхней части резервуара;

4) отсутствие замкнутой системы заземления резервуара, трубопроводов и насосов. Как показывают практика и лабораторные опыты, заземление одного трубопровода не устраняет возможности электризации жидкости в сосуде;

5) наличие на поверхности жидкости посторонних предметов и т. д.

Атмосферное электричество представляет большую опасность для хранилищ легковоспламеняющихся жидкостей, так как грозовые разряды вызывают в этих хранилищах пожары и взрывы. При этом опасны не только прямые удары молнии, но и вторичные ее проявления.

Прямой удар молнии оказывает весьма сильное термическое воздействие на сооружения. Вследствие внезапного появления разрядного тока громадной силы, достигающей до 80 тыс. а при энергии разряда до 13 тыс. квт в секунду, металлические части сооружений сильно нагреваются, расплавляются, а иногда даже испаряются.

Сильный нагрев металлических частей резервуаров, напри-

мер крыши, может вызвать воспламенение паровоздушной смеси в них.

Молния оказывает также на сооружения сильное электро-механическое воздействие, которое часто приводит к их разрушению.

Разрушения бывают тем больше, чем меньше проводимость объекта. В этом отношении в неблагоприятных условиях находятся крыши негерметизированных резервуаров, устроенные по деревянной опалубке и имеющие плохой контакт с корпусом.

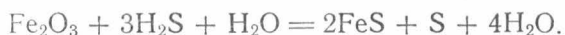
Возможность загорания резервуаров вследствие грозových разрядов подтверждается следующим примером.

На одной из нефтебаз в резервуарах хранились бензин и керосин. Ночью в результате грозowego разряда загорелся один из резервуаров, а вслед за ним другой, находившийся на расстоянии 5 м от первого. Через некоторое время загорелись еще два резервуара и пожар принял крупные масштабы.

Прямой удар молнии и вторичные ее проявления наиболее опасны для негерметизированных резервуаров, так как в них крыша фактически не имеет электрической связи с корпусом.

Самовозгорание пиррофорных отложений нередко приводит к пожарам и взрывам резервуаров с нефтепродуктами. Эти отложения, состоящие в основном из сернистого железа, образуются при хранении сернистых нефтепродуктов в результате воздействия на железо и его окислы сероводорода и элементарной серы. При хранении таких нефтепродуктов практически невозможно полностью предотвратить попадание в резервуар сероводорода и элементарной серы. Сероводород, содержащийся в парах нефтепродуктов, воздействует на железо и его окислы в газовой фазе, над поверхностью жидкости, а элементарная сера и растворенный сероводород — в жидкой фазе, под поверхностью жидкости.

При опорожнении резервуара и понижении температуры окружающей среды внутрь резервуара поступает воздух, содержащий определенное количество влаги. Эта влага отлагается в виде конденсата на внутренней поверхности хранилища. Сероводород, растворяясь в пленке воды, в присутствии кислорода воздуха, воздействует на окислы металла, образуя в отдельных местах сернистое железо:



В зависимости от места образования и качества пиррофорных отложений их способность к самовозгоранию бывает различной. Наибольшей активностью обладают пиррофорные отложения, образующиеся при хранении сырых дистиллатов светлых нефтепродуктов, содержащих сероводород и элементарную серу.

Медленное воздействие кислорода воздуха на пиррофорные отложения приводит к постепенному их окислению и выделению элементарной серы, которая заполняет поры и покрывает отложения защитной пленкой.

Такие отложения, образующиеся на крышевых конструкци-

ях резервуаров, практически неопасны, так как вследствие постоянного и медленного воздействия кислорода воздуха, находящегося в паровоздушном пространстве, они обогащаются серой и теряют пирофорные свойства.

Наоборот, свежие, неокислившиеся отложения сернистого железа наиболее пирофорны, активны. При взаимодействии с паровоздушной смесью они способны к сильному разогреванию и могут вызвать пожар или взрыв резервуара. Температура местного очага в зоне окисления сернистых соединений достигает 600—700° С, что вполне достаточно для воспламенения паровоздушной смеси или хранимой жидкости.

Самовозгорание пирофорных отложений возможно при любой, даже самой низкой, температуре внешней среды (окружающего воздуха). Наблюдались самовозгорания при температуре — 20° С.

Пожары и взрывы резервуара в результате самовозгорания пирофорных осадков происходят чаще всего весной или осенью, в вечерние или предвечерние часы, во время или вскоре после опорожнения резервуара.

Это объясняется тем, что зимой на холодной поверхности резервуаров с внутренней стороны постоянно конденсируются пары воды и хранимой жидкости, которые изолируют продукты сероводородной коррозии от кислорода воздуха и защищают их от быстрого разогрева. Летом, наоборот, стенки резервуара имеют повышенную температуру и окисление сернистых отложений происходит одновременно с их образованием, без развития высокой температуры. Весной же и осенью, при средних температурных условиях, пирофорные отложения накапливаются на стенках резервуаров и при высыхании жидкой пленки, во время или после опорожнения емкости, подвергаются быстрому окислению. В период опорожнения резервуара, а также вечером, вследствие его охлаждения внутри емкости поступает воздух, который создает условия для окисления пирофорных отложений и делает более вероятным образование взрывоопасных смесей. Кроме того, при опорожнении резервуара обнажаются свежие, неокислившиеся пирофорные отложения.

Наиболее опасно нахождение резервуара без продукта в перерывы пропаривания, так как при этом пирофорные отложения полностью обнажаются, освобождаясь от пленки нефтепродуктов.

Нарушение режима при ремонте и чистке резервуаров может привести к пожару и взрыву, причем последние обычно сопровождаются человеческими жертвами. Как правило, пожары и взрывы при ремонте и чистке резервуаров наблюдаются в тех случаях, когда перед началом работы не производится герметическое отключение коммуникаций с полным удалением горючих жидкостей и их паров из емкости.

Непосредственными причинами пожаров и взрывов обычно являются:

газо- и электросварочные работы;
применение невзрывозащищенных светильников и открытого огня;

применение инструмента и скребков, высекающих искру при ударе, трении и т. п.

УСЛОВИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПРОЦЕССУ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

Развитию пожара на складах легковоспламеняющихся жидкостей могут способствовать следующие условия:

наличие большого количества жидкостей в емкостях и концентрация этих емкостей на незначительной площади;

недостаточные разрывы между емкостями, что увеличивает действие лучистой энергии пламени, конвекционных потоков и искр в случае пожара соседнего резервуара;

отсутствие или неисправность обваловки отдельных резервуаров и групп, предотвращающей разлитие горячей жидкости по территории резервуарного парка;

неправильное использование рельефа местности при планировке и строительстве резервуарного парка и склада в целом, в частности расположение резервуаров выше других сооружений;

негерметичность крыш резервуаров, наличие сквозных отверстий в кровле, неиспользование кошм и брезентов для изоляции и защиты резервуаров в условиях пожара, вследствие чего пожар свободно распространяется от одной емкости к другой;

наличие деревянных стропил в резервуарах, которые являются дополнительным горючим материалом, затрудняющим тушение пожара;

наличие открытых бензопроводов на территории резервуарного парка и прорыв продукта во фланцевых соединениях;

неисправность задвижек на трубопроводах, что препятствует своевременному выключению резервуаров из системы и перекатке продукта;

взрывы резервуаров, коммуникаций и смежных помещений в процессе тушения пожара;

вспенивание и выброс горящего продукта из резервуаров (см. рис. 89);

наличие открытой производственной канализации без гидравлических затворов и перемещение нефтепродуктов по траншеям;

отсутствие средств пенотушения и стационарных пеносливов или пенокамер на резервуарах, недостаточная интенсивность подачи пены, а также недостаточное охлаждение горящих и соседних резервуаров в условиях пожара;

деформация стенок резервуаров, разлитие хранимой жидкости и т. д.

Влияние большинства этих условий на ход развития пожара иллюстрируется следующим примером.

На нефтебазе, где хранились бензин и лигроин, ночью в результате сильного грозового разряда загорелись почти одновременно два резервуара. Через 25 мин. огонь перекинулся на два соседних резервуара. Это произошло

потому, что резервуары имели негерметичные крыши, которые в момент пожара не были накрыты мокрыми кошмами и брезентами для изоляции шелей.

Примерно через 4 часа, несмотря на водяное орошение, воспламенился бензин в одном из резервуаров и одновременно взорвались манифольды между двумя резервуарами, так как вся система трубопроводов была проложена открыто и имела большое количество задвижек, фланцевые соединения которых пропускали продукт. Пожар принял большие размеры.

Через 12 час. усилился ветер, который стал относить пламя горящих резервуаров в сторону. В результате вспыхнуло еще четыре резервуара и одновременно взорвался кольцевой магистральный трубопровод диаметром 305 мм, по которому бензин сливался в баржи.

Горящий бензин хлынул на территорию парка, местами переливаясь через размытые валы. Так как резервуары были расположены на насыпной площадке, возвышающейся над остальной территорией на 1,5 м (во избежание затопления весенним паводком), горючее быстро разлилось по всей территории. Загорелся еще один резервуар, вспыхнула ловушка и воспламенились деревянные эстакады, ведущие к причалам.

Пожар был ликвидирован в 10 час. следующего дня.

Глава XIV

ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ В ЕМКОСТЯХ

МЕРОПРИЯТИЯ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ

Для предупреждения образования горючей среды на складах горючих жидкостей необходимо осуществлять ряд пожарно-профилактических мероприятий как в процессе проектирования и строительства хранилищ, так и при их эксплуатации. Рассмотрим важнейшие из этих мероприятий.

Герметизация резервуаров и емкостей с целью уменьшения потерь хранимых жидкостей вследствие их испарения и утечек. При монтаже резервуаров принимают меры для герметизации соединений отдельных элементов днища, корпуса, крыши, люков, клапанов и т. п. Корпус резервуаров после монтажа дважды подвергают испытанию: предварительно на плотность швов — путем опрыскивания их с внутренней стороны струей керосина под давлением (при этом на наружной поверхности в течение 12 час. не должны появляться пятна керосина) и окончательно на прочность соединений и плотность швов — путем наполнения резервуаров на полную их высоту водой не менее чем на 24 часа. Однако абсолютно герметично изолировать резервуары от внешней среды нельзя, так как при их наполнении и опорожнении объем газового пространства меняется и в связи с этим приходится обеспечивать процесс «дыхания» резервуаров.

Кроме того, при колебаниях температуры внешней среды изменяется давление в паровоздушном пространстве резервуаров (в результате испарения жидкости или конденсации паров), что также вызывает необходимость в их «дыхании».

С этой целью резервуары оборудуют дыхательными клапа-

нами или применяют газовую обвязку, дышащие крыши, баллоны для улавливания паров, возвращающие адсорберы и т. п.

Дыхательные клапаны, устанавливаемые на крышах резервуаров, одновременно обеспечивают и их «дыхание», и их герметизацию при постоянном уровне жидкости и постоянной температуре окружающей среды. Наибольшее распространение получил механический дыхательный клапан, сконструированный инж. Апресовым.

Он состоит из двух тарельчатых клапанов. Одна тарелка А (рис. 90) сообщает внутреннее пространство резервуара с атмосферой при избыточном давлении, вторая Б — при вакууме. Тарелки клапанов и седла выполнены из цветного металла.

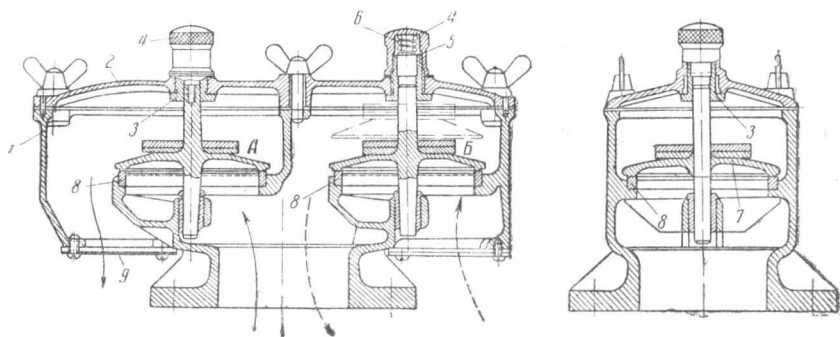


Рис. 90. Дыхательный клапан с горизонтальным расположением тарелок:

- 1 — клапанная коробка; 2 — крышка; 3 — втулка; 4 — колпачок;
5 — шайба; 6 — пружина; 7 — клапан; 8 — седло клапана;
9 — сетка (огнезащитная); А и Б — тарелки.

В последнее время в конструкцию клапана инж. Апресова внесены некоторые изменения (в соответствии с ГОСТ 3691—47).

Дыхательные клапаны оборудуются огнепреградителями (см. ниже); предельное давление, на которое рассчитывается клапан, уравнивает вес крыши резервуара; при большем давлении может нарушиться плотность швов.

В процессе эксплуатации резервуаров дыхательные клапаны подвергают эксплуатационным осмотрам: в весенне-летний период — не реже двух раз в месяц, а при температуре воздуха ниже нуля — не реже одного раза в неделю. При осмотрах клапанов выявляют, плотно ли они сидят в гнездах, не примерзли ли к ним, проверяют чистоту сетки и отсутствие на ней льда.

Поскольку в процессе эксплуатации механические клапаны могут заржаветь, а в зимнее время примерзнуть и выйти из строя, параллельно с ними на резервуарах устанавливают гидравлический предохранительный клапан (рис. 91). Его заливают труднозамерзающим и трудноиспаряющимся нефтепродуктом, например, дизельным топливом или соляровым маслом, с температурой застывания — 20°C , которое и образует гидравлический затвор.

При повышении давления внутри резервуара пары вытесняют масло из внутреннего кольцевого пространства (рис. 92) во внешнее и прорываются в атмосферу. При вакууме происходит обратное явление.

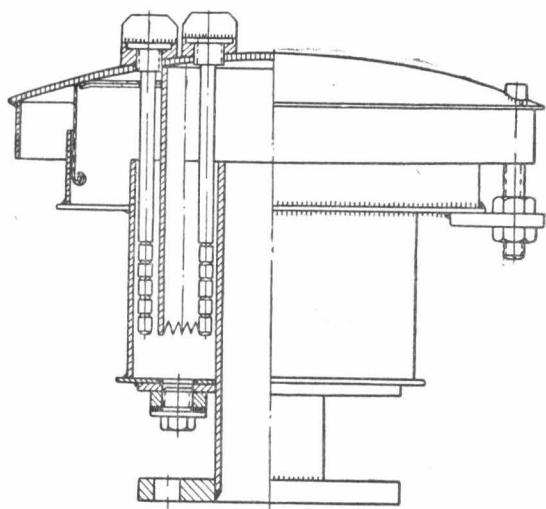


Рис. 91. Гидравлический предохранительный клапан.

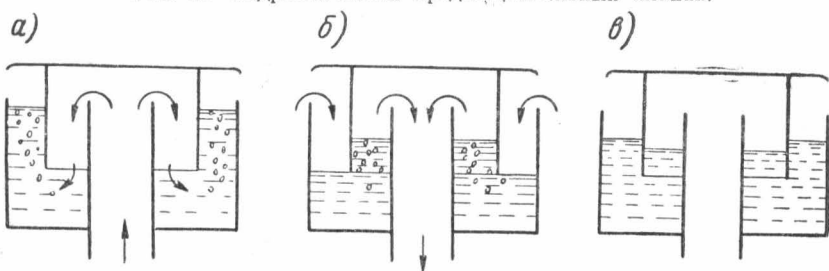


Рис. 92. Схема работы гидравлического клапана:

а — в резервуаре — избыточное давление; б — в резервуаре — вакуум; в — в резервуаре — нормальное рабочее давление.

Гидравлические клапаны снабжают огнепреградителями и подвергают эксплуатационным осмотрам не реже одного раза в десять дней.

Газовая обвязка резервуаров (рис. 93) обеспечивает их герметичность без применения механических дыхательных клапанов за счет соединения паровоздушных пространств нескольких резервуаров при помощи системы трубопроводов. В газовую обвязку включают специальный регулятор (газометр) 3. При наполнении резервуаров в регулятор поступает избыток паров, а при опорожнении резервуаров эти пары возвращаются обратно. Благодаря этому резервуары полностью изолируются от внешней среды.

На ответвлениях 4, идущих от магистрали газовой обвязки 2 к отдельным резервуарам, устанавливают огнепреградители.

Резервуары с дышащими крышами применяют для длительного хранения нефтепродуктов с невысоким давлением паров.

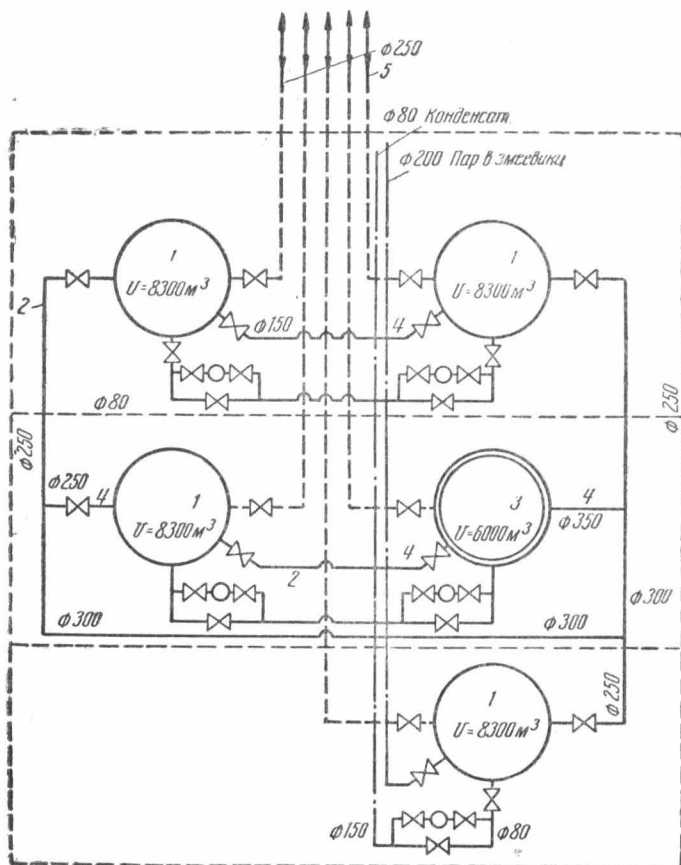


Рис. 93. Схема газовой обвязки резервуаров:

1 — резервуары; 2 — трубопроводы обвязки; 3 — сборник паров (газометр); 4 — задвижки; 5 — продуктопроводы.

Крыша таких резервуаров представляет собой стальную мембрану из листов толщиной 3—5 мм, которая в нижнем положении покоится на колоннах, а при увеличении давления поднимается вверх.

Резервуары с дышащими крышами полностью заполняют хранимой жидкостью. Поэтому в них отсутствует паровоздушное пространство.

На крышах этих резервуаров обычно устанавливают предохранительные клапаны от избыточного давления.

Баллоны для улавливания паров, выходящих из емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, представляют собой плоские резервуары большого диаметра.

В нерабочем состоянии днище и крыша соприкасаются друг с другом, а при наполнении баллона парами хранимой в емкости жидкости расходятся на 2—4 м.

Возвращающий адсорбер системы МНИ (рис. 94) основан на поглощении каким-либо веществом (керосином, машинным маслом, активированным углем и т. п.) паров нефтепродуктов, выходящих из резервуара, и на отдаче их обратно при втягивании в резервуар атмосферного воздуха.

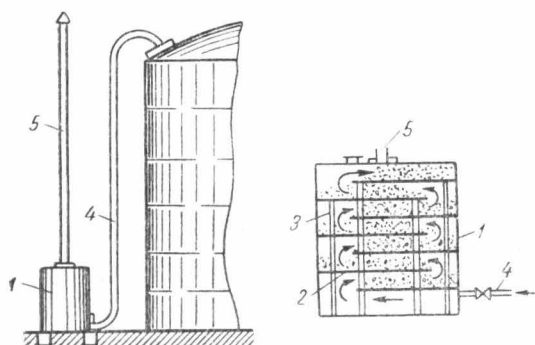


Рис. 94. Возвращающий адсорбер:

1 — адсорбер; 2 — перегородки; 3 — стойки, поддерживающие перегородки; 4 — газопровод к адсорберу; 5 — воздухопровод.

Для предупреждения и уменьшения возможности утечки продукта из железобетонных резервуаров внутреннюю поверхность их защищают специальными покрытиями:

- цементной штукатуркой с железнением;
- жидким стеклом по штукатурке в несколько слоев;
- слоем цемента, наносимым под давлением до 3,5 атм (торкретирование);

- масляной краской по штукатурке;
- резинообразными составами — тиокол-латексом, этиленитом и др. (при светлых нефтепродуктах).

Советские конструкторы предложили придавать бетону непроницаемость при помощи водяных экранов. Для этого стены железобетонных резервуаров делают двойными и пространство между ними заливают водой. Устройство такого резервуара показано на рис. 95. Нефтепродукты не могут проникнуть через бетон, так как поры его заполнены водой.

В некоторых резервуарах вода в рубашке находится под напором и сообщается с водой, подстилающей нефтепродукт. Благодаря этому отсутствует паровоздушное пространство.

Применяются также плавающие железобетонные подводные резервуары без дна. При подаче в такой резервуар, например,

бензина, вода вытесняется через нижние борта. Забор горючего производится сверху под действием разности удельных весов.

Сокращение или устранение газового объема резервуаров
Для достижения этой цели применяют различные способы.

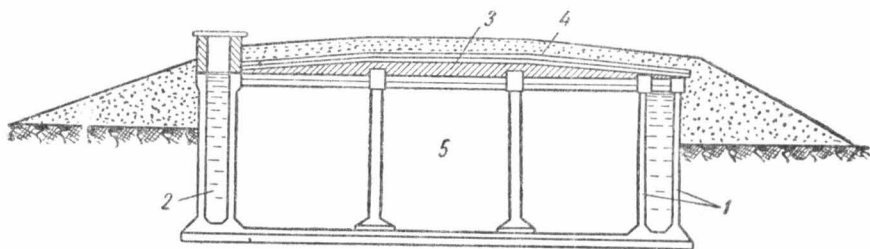


Рис. 95. Железобетонный резервуар с водяным экраном:
1 — двойные стенки резервуара; 2 — вода; 3 — шлак; 4 — асфальт; 5 — нефтепродукт.

Хорошие результаты дает хранение легковоспламеняющейся жидкости на водяных подушках. Объем газового пространства в этом случае сводится почти к нулю. При выдаче продукта в резервуар подается столько же воды, сколько отбирается хранимой жидкости (рис. 96). Благодаря этому устраняется подсос воздуха в резервуар, так как объем газового пространства в нем не увеличивается.

При установке на резервуарах плавающих крыш газовое пространство практически отсутствует и хранимая жидкость изолирована от внешней среды, так как крыша плавает непосредственно на поверхности жидкости (рис. 97). Зазор между крышей и стенками уплотняют специальными затворами, которые обеспечивают герметичность при переходе через заклепки, сварные швы и т. д.

Советские затворы системы МНИ (в виде ряда концентрических щеток) и Центроспецстройпроекта (в виде стальной уплотняющей ленты с дополнительным герметизатором) безопасны, герметичны, компактны, не подвергаются коррозии нефтепродуктами и имеют большой срок службы.

Покрытие поверхности (зеркала) нефтепродукта пеной позволяет полностью устранить газовое пространство в резервуаре. Этот способ чрезвычайно прост, но трудность заключается в получении стойкой пены; изыскания в данном направлении продолжаются.

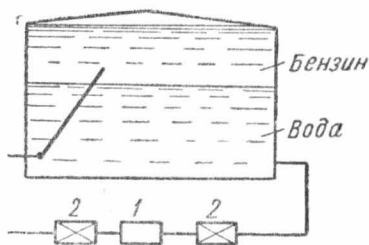


Рис. 96. Схема хранения ЛВЖ на водяной подушке:
1 — двигатель; 2 — насосы.

При хранении жидкостей под давлением уменьшается газовое пространство, хранимая жидкость полностью изолируется от внешней среды, ликвидируются потери от «малых дыханий» и частично от «больших дыханий» при малых коэффициентах наполнения резервуаров.

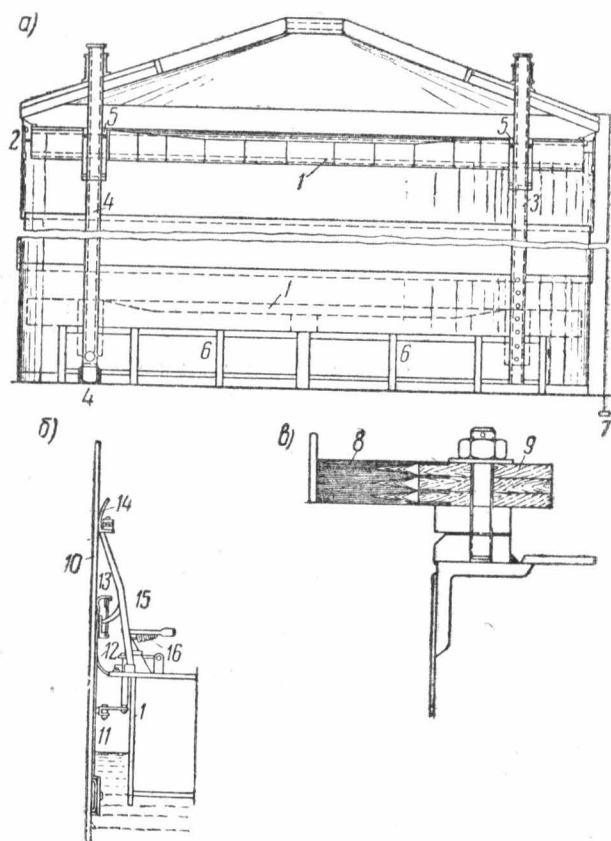


Рис. 97. Резервуар с плавающей крышей:

а — разрез резервуара; б — разрез главного щеточного затвора; в — разрез щеточного затвора у труб; 1 — плавающая крыша; 2 — главный щеточный затвор; 3 — перфорированная труба для замера уровня и отбора паров; 4 — труба с заземляющим устройством; 5 — щеточные затворы у труб; 6 — стеллаж; 7 — заземление; 8 — щеточное уплотнение; 9 — колодки щеток; 10 — стенка резервуара; 11 — стальная лента; 12 — лента из бензостойкой ткани; 13 — дополнительный герметизатор; 14 — башмак; 15 — рычажное устройство; 16 — пружины.

Полное устранение горючей среды в газовом пространстве резервуаров. Для достижения этой цели легковоспламеняющиеся жидкости хранят под защитой негорючей среды. Все свободное пространство над хранимой жидкостью в резервуарах заполняют негорючими или дымовыми газами (см. ниже).

Предотвращение разлития жидкости и утечки паров из резервуаров при их эксплуатации. Для предупреждения утечки паров регулярно проверяют герметичность резервуаров, крыш, замерных люков, пенокамер и т. п. Отбор проб и замер уровня в резервуарах производят рано утром или поздно вечером, когда температура паров примерно равна температуре окружающей среды. Благодаря этому при открывании замерного люка пары не выходят наружу. Во из-

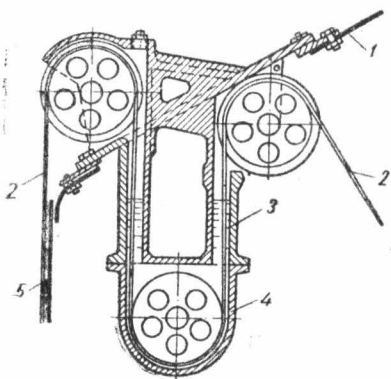


Рис. 98. Схема масляного затвора:

1 — крыша резервуара; 2 — трос подъемной трубы; 3 — масло; 4 — корпус затвора; 5 — верхний пояс резервуара.

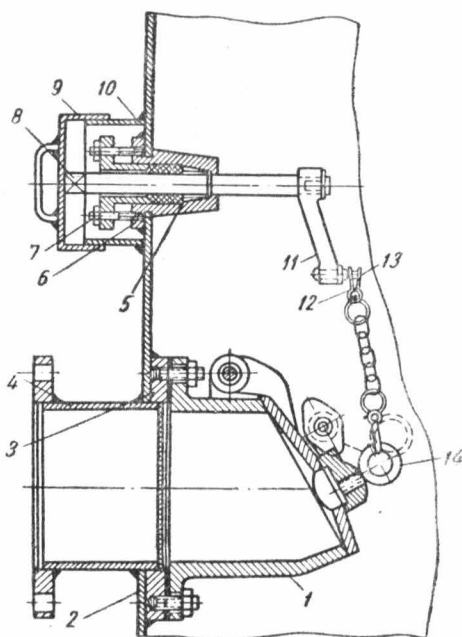


Рис. 99. Схема хлопушки:

1 — корпус хлопушки; 2 — фланец; 3 — прокладка; 4 — патрубок; 5 — втулка; 6 — корпус сальника; 7 — буска; 8 — вал управления; 9 — кольцо; 10 — кожух; 11 — рычаг; 12 — цепь некалиброванная; 13 — палец; 14 — кольцо крышки.

бежание утечки паров из резервуара в окружающую среду тросы хлопушек, указатели уровня и т. п. пропускают через крышу резервуара только с применением масляных затворов (рис. 98).

Для предотвращения разлития жидкости из резервуаров в случае повреждения коммуникаций устанавливают хлопушки (рис. 99) с управлением на приемно-сливных патрубках.

Переполнение резервуаров предупреждают устройством различных указателей уровня. Наибольшее распространение получили поплавковые указатели уровня с градуированной лентой (рис. 100).

Для определения уровня жидкости вручную служат мерные стальные ленты.

В последнее время начинают применяться дистанционные способы замера уровня нефтепродуктов в резервуарах при по-

мощи различных импульсных и других телепередатчиков. Достаточно точные результаты дает сравнительно простой способ пневматического замера уровня нефтепродуктов.

Защита резервуаров от коррозии и электроэрозии, вызываемой действием блуждающих токов. Это мероприятие, предотвраща-

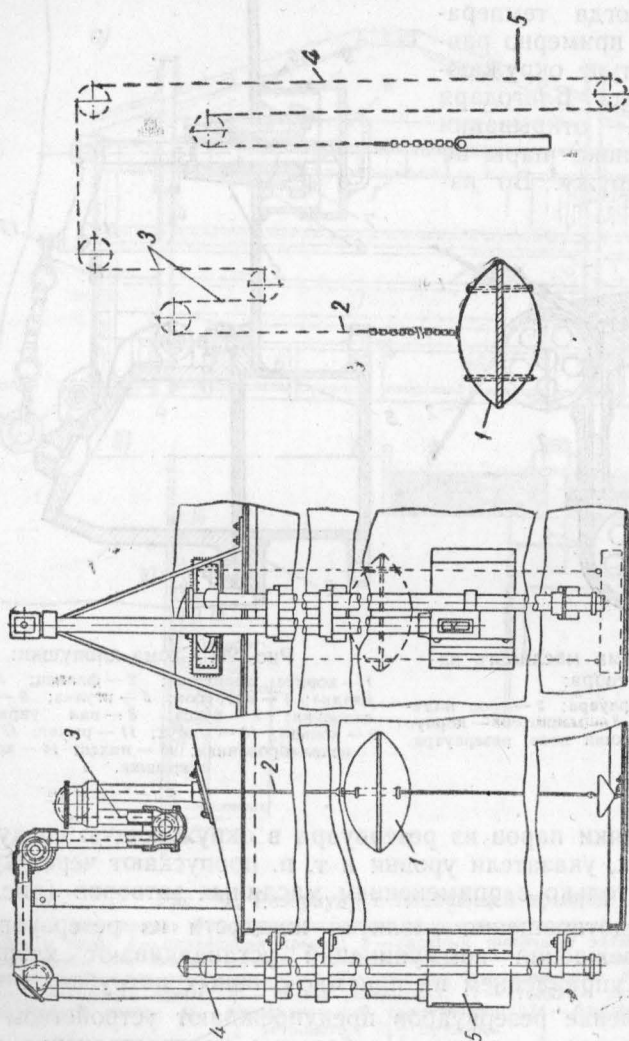


Рис. 100. Общий вид и схема поплавкового указателя уровня жидкости:
1 — поплавок указателя уровня; 2 — трос внутри резервуара; 3 — гидравлический (масляный) за-
твор; 4 — лента с делениями; 5 — указатель уровня.

щающее разрушение резервуаров, утечку продукта и образова-
ние пирофорных сернистых соединений, осуществляют различ-
ными способами.

Эффективным средством против коррозии наружных стенок
резервуара является катодная защита, которая обеспечивает

осаждение железа на дефектных местах противокоррозийного покрытия днища за счет электролиза анодного кольца. Хорошие результаты дают также масляные краски и битуминозная изоляция. Внутреннюю поверхность резервуаров защищают металлическими или пластмассовыми покрытиями: алюминиевыми, цинковыми, кадмиевыми, хлорвиниловыми, дивинил-ацетиленовыми, а также бакелитовыми лаками и т. п.

Устранение возможности образования взрывоопасных концентраций внутри резервуаров, подвергающихся ремонту. Для достижения этой цели резервуары перед ремонтом тщательно очищают от хранимого продукта и отключают от них все трубопроводы с установкой заглушек. Затем резервуары пропаривают или промывают и хорошо проветривают.

МЕРОПРИЯТИЯ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ПОЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Для того чтобы исключить возможность пожара или взрыва резервуара даже при наличии внутри его взрывоопасной концентрации паров с воздухом, принимают меры, предотвращающие возможность появления источников воспламенения как внутри резервуара, так и около него.

Рассмотрим важнейшие из них.

Оборудование резервуаров огнепреградителями. В герметизированные резервуары пламя может проникнуть через дыхательный или предохранительный клапан. Во избежание этого их оборудуют специальными огнепреградителями, устанавливаемыми в комбинации с дыхательными и предохранительными клапанами, непосредственно под ними.

Встречаются различные типы и конструкции огнепреградителей, но принцип действия их одинаков.

Если взрывчатую смесь разбить на очень маленькие объемы, то горение ее станет невозможным, так как тепловыделение при окислении не сможет превысить теплоотдачу.

Для того чтобы разделить взрывчатую смесь на маленькие объемы, применяют металлические сетки и гофрированные пластинки, а также неметаллические наполнители в виде гравия или стеклянной ваты.

Как показывают исследования, основную роль в затухании пламени в огнепреграждающей среде играет предельный диаметр или живое сечение узких каналов и ячеек. Вместе с тем значительное влияние на затухание пламени оказывают теплоемкость и теплопроводность защитной среды (наполнителей).

Специальные испытания неметаллических наполнителей показали возможность применения для устройства огнепреградителей стеклянной ваты и гравия.

Стеклянная вата предотвращает проскок пламени только в уплотненном состоянии. Слой ваты высотой 100 мм без уплотнения пропускал пламя без задержки, причем после этого вата

оказалась частично сплавленной и сжатой в комок. Уплотненная же вата толщиной слоя 5—2 мм не пропускала пламени.

Однако стеклянную вату нельзя рекомендовать в качестве огнепреграждающей среды для больших емкостей в силу ее недостаточных термических и механических свойств.

Испытания гравия дали лучшие результаты. Слой гравия высотой 20—50 мм при крупности частиц 5,25 мм оказался непроницаемым для пламени при любых концентрациях бензина во взрывчатых смесях. Гравий с частицами крупностью 8,25 мм также не пропускал пламени при слое высотой 30—50 мм. Более крупный гравий (с размером зерен 14—16 мм) не препятствовал проскоку пламени даже при высоте слоя до 150 мм.

Многочисленные опыты позволили выявить наилучшие конструкции огнепреградителей.

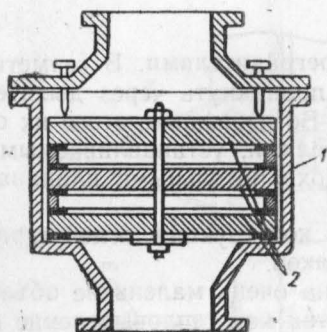


Рис. 101. Огнепреградитель из трех фольговых дисков: 1 — корпус; 2 — фольговые диски.

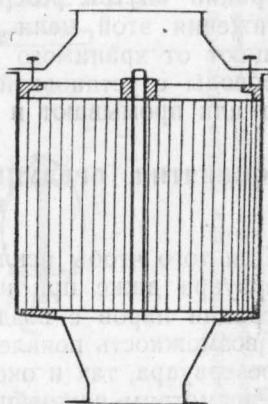


Рис. 102. Огнепреградитель с круглой фольговой кассетой.

На рис. 101 показан огнепреградитель круглой (или квадратной) формы с круглой кассетой, состоящей из набора трех фольговых дисков. Диски изготовлены из гофрированной металлической ленты, скатанной в спираль. Они плотно прижимаются к кольцеобразным клингеритовым прокладкам и имеют высоту не менее 10—15 мм каждый.

На рис. 102 изображен огнепреградитель с фольговой металлической кассетой, имеющей каналы (ячейки) треугольного сечения, которые образуются благодаря сочетанию гофрированных фольговых лент с гладкими. Огнепреградительный слой высотой от 30 до 60 мм может быть также выполнен из отдельных касет толщиной 10—15 мм каждая.

Высота гофра в кассетах для бензиновых резервуаров не должна превышать 1 мм при высоте кассеты до 15 мм и 2 мм при высоте кассеты до 50—60 мм.

На рис. 103 приведен огнепреградитель круглой (или квадратной) формы с круглой кассетой, состоящей из 3—4 слоев металлических (латунных или стальных) фильтровальных сеток

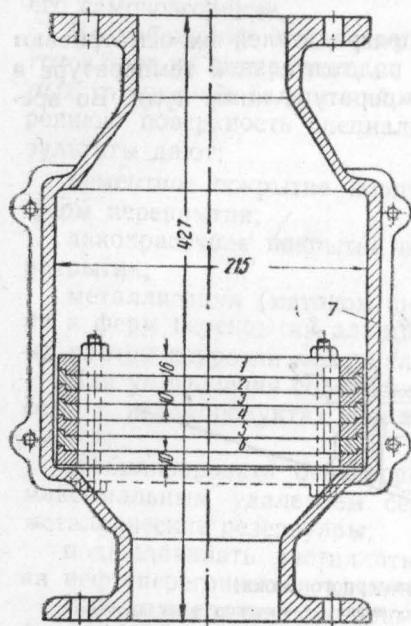


Рис. 103. Огнепреградитель из металлических фильтровальных сеток: 1—6 — сетки; 7 — корпус огнепреградителя.

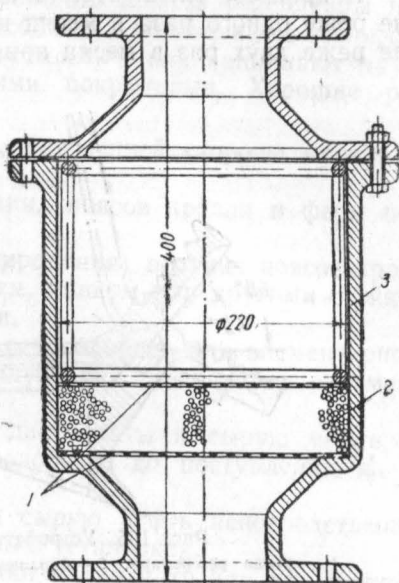


Рис. 104. Огнепреградитель с галечно-гравийным заполнением: 1 — сетки; 2 — гравий; 3 — корпус.

№ 7 по ГОСТ 2715—44 или из сеток со 196 отверстиями на 1 см². Кассета плотно прижата к подложенной под нее кольцеобразной клингеритовой прокладке.

На рис. 104 показан огнепреградитель круглой формы с галечно-гравийным заполнением. Высота слоя гравия — 50 мм, диаметр зерен — 5—6 или 8—9 мм.

Учитывая возможность обледенения предохранителей с металлической сеткой и гравием в холодное время года, целесообразнее применять предохранители с круглой фольговой кассетой.

Защитная способность огнепреградителей определяется:

1) удельным сопротивлением кассеты прохождению пламени и воздушной волны в момент взрыва, зависящим от живого сечения ячеек кассеты и их высоты;

2) отсутствием зазоров между корпусом предохранителя и

кассетой. Благодаря этому исключается прохождение пламени и взрывной волны мимо рабочего сечения кассеты.

Следовательно, для того чтобы огнепреградитель был надежен в эксплуатации, в процессе его сборки необходимо обеспечивать, во-первых, плотность прилегания спиральной ленты и гофрированных пластин к прокладкам из плоских пластин, а во-вторых, отсутствие зазоров между пакетом (кассетой) и стенками корпуса.

В процессе эксплуатации огнепреградителей их осматривают не реже одного раза в месяц при положительной температуре и не реже двух раз в месяц при температуре ниже нуля. Во вре-

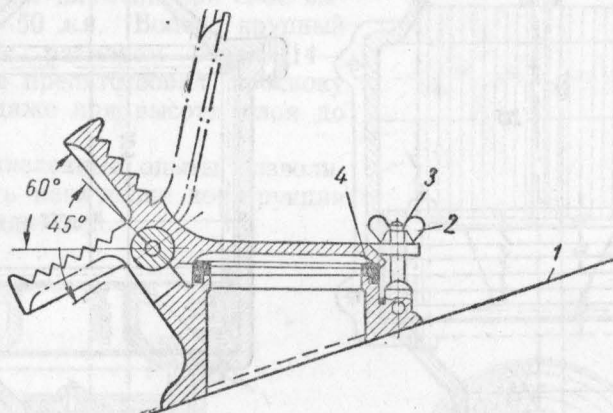


Рис. 105. Устройство замерного люка:

1 — крыша резервуара; 2 — барашек; 3 — вилка; 4 — кольцо прокладочное.

мя осмотра проверяют чистоту пакетов с гофрированными пластинами, правильность расположения пластин в пакете, плотность и непроницаемость крышки огнепреградителя и фланцевых соединений. Засоренные пылью пакеты очищают. Поврежденные пластины заменяют новыми.

Оборудование замерных люков. Во избежание искрения крышки замерных люков снабжают кольцом из мягкого металла (алюминия, меди), пластмассы или бензостойкой резины (рис. 105). В замерное отверстие по внутреннему диаметру вставляют кольцо из материала, не допускающего искрения при движении замерной ленты.

В процессе эксплуатации резервуаров следят за исправностью и наличием прокладок в люках.

Для взятия проб и замера уровня в резервуарах применяют инструмент из мягкого металла. Эти работы, как правило, выполняют днем. Если же их приходится производить ночью, то для освещения пользуются взрывобезопасными аккумуляторными фонарями.

При всех операциях в хранилищах нельзя пользоваться открытым огнем, курить и применять какое-либо освещение, кроме электрического во взрывозащищенном исполнении.

Борьба с самовозгоранием сернистого железа. При сооружении, эксплуатации и ремонте резервуаров, в которых хранятся сернистые нефтепродукты, предусматриваются специальные мероприятия, предупреждающие образование сернистого железа и его самовозгорание.

Во избежание отложения сернистого железа резервуары изготавливают из материалов, не способных к образованию пиррофорных отложений (алюминий, пластмассы), или защищают внутреннюю поверхность специальными покрытиями. Хорошие результаты дают:

- цементное покрытие корпуса, внутренней стороны кровли и ферм перекрытия;

- лакокрасочное покрытие верхних поясов кровли и ферм перекрытия;

- металлизация (методом шоопирования) верхних поясов кровли и ферм перекрытия алюминием, цинком или другими стойкими против коррозии материалами.

Для уменьшения содержания сероводорода или элементарной серы в нефтепродуктах при эксплуатации резервуаров рекомендуется:

- стабилизировать бензиновые дистиллаты и сырую нефть, с максимальным удалением сероводорода, до поступления их в металлические резервуары;

- подщелачивать дистиллаты и сырую нефть непосредственно на нефтеперегонных и крекингových установках.

Для подщелачивания применяют едкий натр или диаммонийфосфат (5-процентный раствор).

Чтобы исключить возможность самовозгорания сернистого железа при ремонте и чистке резервуаров, следует до начала работ заполнить их паровоздушное пространство водяным паром, а после освобождения от продуктов продуть паром в течение 24 час. Интенсивность подачи пара должна быть такой, чтобы внутри резервуара все время поддерживалось давление несколько выше атмосферного.

При продувке необходимо обеспечить медленное окисление пиррофорных отложений. Для этого рекомендуется:

- а) добавить к водяному пару в процессе пропарки резервуара (при наличии дозирочного оборудования) небольшое количество воздуха с таким расчетом, чтобы в паровоздушной смеси не оказалось более 6% кислорода;

- б) заполнить резервуар по окончании пропарки (при отсутствии дозирочного оборудования) водой, а затем медленно снижать ее уровень (в пределах 0,5—1 м/час);

- в) ввести в резервуар дымовые газы, содержащие не более 8% кислорода (ЦНИИПО).

Отложения на стенках резервуаров во время чистки необхо-

димо непрерывно смачивать водой, так как при этом они становятся безопасными. Грязь и отложения, извлекаемые из резервуаров, также нужно поддерживать во влажном состоянии до удаления с территории объекта. Отвозить их надо в специально отведенное место, где они после высыхания не смогут вызвать пожар. Если такого места нет, сернистые отложения необходимо закапывать в землю.

Профилактические мероприятия при ремонтных работах. Каждый резервуар подвергается осмотру, текущему и капитальному ремонтам в установленные календарным графиком сроки или по мере необходимости. Например, при появлении в днище резервуара течи или при образовании трещин в сварных швах и стенках корпуса резервуар немедленно освобождают от продукта и ставят на ремонт.

Все ремонтные, монтажные и строительные работы на территории хранилищ, связанные с применением огня (сварка, резка, клепка), а также очистка резервуаров допускаются только с письменного разрешения технического руководителя склада (предприятия) после предварительного согласования этих работ с пожарной охраной объекта.

Заварка трещин на сварных резервуарах, заполненных нефтью или нефтепродуктами, а также работы, требующие применения ударных инструментов (молоты, кувалды, ручники и т. п.), не допускаются.

Чеканка трещин или отдельных свищей в сварном шве резервуаров не разрешается, так как она может привести к разрушению шва и всего резервуара.

Для устранения течи в швах клепаных действующих резервуаров (залитых нефтепродуктами) можно применять чеканку, но при условии, что шов будет все время смазываться вязким маслом, например, солидолом, а молоток будет выполнен из металла, не высекающего искр.

Замерзшую арматуру резервуаров разрешается отогревать только водяным паром или горячей водой.

Текущий или капитальный ремонт резервуаров можно производить только после полного освобождения их от хранимого продукта; отсоединения всех трубопроводов и постановки на них заглушек (во избежание пропусков паров задвижками); открытия всех люков и тщательного проветривания резервуаров; пропарки или промывки их сильной струей воды; отбора пробы воздуха и анализа ее на отсутствие концентрации паров, опасной в отношении взрыва и вредной для здоровья рабочих.

Огневые работы разрешается выполнять на расстоянии не менее 20 м от резервуаров и других пожароопасных объектов. При этом необходимо соблюдать следующие правила:

переносные горны для нагрева заклепок устанавливать внутри ремонтируемого резервуара;

места горячей клепки и электросварки ограждать перенос-

ными войлочными или асбестовыми щитами размером 1×2 м, не допускающими разлета окалина и искр;

электро- и газосварочные аппараты устанавливать не ближе 40 м от ближайших резервуаров, находящихся в эксплуатации; все задвижки у соседних резервуаров и на коммуникациях, водопускные и зачистные краны, колодцы канализации и узлы задвижек прикрывать войлочными покрывалами или кошмой, которые в жаркое время года обильно орошать водой.

Защита от статического и атмосферного электричества. Для отвода статического электричества, защиты от вторичных воздействий молнии и грозовых разрядов резервуары и трубопроводы необходимо заземлять. Поэтому крыша резервуара должна быть электрически надежно связана с корпусом, а поплавки замерных приспособлений соединены с днищем при помощи проводника. В грозовой период не реже одного раза в неделю следует производить технический осмотр заземляющих устройств.

Защиту резервуаров от прямых ударов молнии осуществляют в соответствии с указаниями, приведенными в «Грозозащите промышленных сооружений и зданий» (изд. 1951 г.).

При этом следует учитывать, что над резервуарами большой емкости (5—10 тыс. м³) в период их наполнения и при повышении температуры воздуха может образоваться взрывоопасная смесь паров с воздухом на высоте до 3—5 м. Поэтому грозозащитное устройство резервуаров необходимо выполнять так, чтобы канал молнии соприкасался с молниеприемником вне сферы распространения взрывоопасных концентраций.

Для защиты крупных резервуаров рекомендуется применять четыре стержневых молниеотвода. Их устанавливают непосредственно на резервуаре таким образом, чтобы они возвышались над его крышей не менее чем на 5 м. По номограмме для резервуаров емкостью 10 тыс. м³, диаметром 34,5 м и высотой 11,4 м общая высота молниеотвода равна 18,4 м. Такая высота гарантирует защиту сферы распространения взрывоопасных концентраций паров.

Заземлители грозозащиты размещают равномерно по окружности резервуара, под каждым молниеотводом. Специальные токоотводы не устраивают, так как их функции выполняет металлическая стенка резервуара, к которой привариваются молниеприемники и заземлители. Общее сопротивление всех заземлителей резервуара рекомендуется принимать в пределах 10 ом.

Для защиты резервуаров и других сооружений от электрического тока осветительные и силовые электропровода воздушной и кабельной сетей прокладывают на расстоянии не менее 30 м от стенок резервуаров, сливно-наливных пунктов, насосных станций и других взрывоопасных помещений. Выключатели и предохранители устанавливают не ближе 20 м от места слива нефтепродуктов.

Установка электрооборудования и прокладка электролиний внутри обвалования резервуаров, а также устройство на самих

резервуарах электрических установок, за исключением приспособлений для контроля и автоматизации заполнения и замера уровня, не допускаются.

МЕРОПРИЯТИЯ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ПОЖАРА И ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЕГО ТУШЕНИЕ

Резервуары с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями размещают группами или одиночно с соблюдением установленных правил.

Общая емкость каждой отдельной группы наземных и полуподземных резервуаров, а также резервуаров, расположенных в котлованах, устанавливается не выше 40 тыс. м^3 . Емкость групп подземных резервуаров не ограничивается. Однако поверхность зеркала каждого подземного резервуара не должна превышать 3000 м^2 при максимальной ширине 40 м.

Наземные и полуподземные резервуары соединяют трубопроводами для перекачки жидкости из одного резервуара в другой или из одной группы в другую.

Для хранения каждого класса жидкостей выделяют отдельные группы резервуаров. На небольших складах разрешается хранить жидкости разных классов в одной группе резервуаров.

Расстояния между стенками наземных резервуаров в одной группе должны быть не менее диаметра большего из двух смежных резервуаров. Для резервуаров прямоугольной формы вместо диаметра принимают полусумму двух взаимно перпендикулярных сторон.

Эти расстояния могут быть уменьшены на 25 % при полуподземных резервуарах и на 50 % при подземных.

Горизонтальные наземные резервуары емкостью до 50 м^3 , предназначенные для хранения горючих жидкостей, могут располагаться блоками общей емкостью до 250 м^3 с расстоянием между блоками не менее 10 м и между резервуарами не менее 1 м. На складах второй группы наземные и полуподземные резервуары емкостью до 25 м^3 могут располагаться блоками общей емкостью до 100 м^3 с расстоянием между блоками не менее 5 м и между резервуарами не менее 1 м.

Для предупреждения разлива жидкостей по территории склада во время аварии или пожара наземных и полуподземных резервуаров принимают следующие меры.

Отдельные резервуары или группы их общей емкостью до 20 тыс. м^3 ограждают сплошной несгораемой стеной или земляным валом высотой не менее 1 м и шириной поверху не менее 0,5 м. Ограждения рассчитывают на гидростатическое давление разлившейся жидкости.

Свободный объем вместилища между стенками резервуаров и ограждением принимают: при наземных резервуарах — не менее половины емкости ограждаемой группы и полной емкости одного резервуара; при полуподземных резервуарах — не менее полови-

ны надземной емкости ограждаемой группы и полной надземной емкости одного резервуара. При этом высота обвалования должна быть на 0,2 м выше зеркала разлившейся жидкости.

Для резервуаров, размещаемых в котловане, вместилища должны иметь такой же объем.

Расстояние от стенок наземных резервуаров до ограждающих стенок или подошвы обвалования и откосов котлована принимают не менее половины диаметра ближайшего большего резервуара, но не менее 5 м.

Расстояние между стенками наземных резервуаров смежных групп общей емкостью 40 тыс. м³ должно быть не менее 50 м и равно двум диаметрам наибольших смежных резервуаров.

Между внешними границами земляного вала или между ограждающими стенками смежных групп резервуаров устраивают проезды шириной не менее 3,5 м.

Для тушения легковоспламеняющихся жидкостей применяют главным образом пену. Подачу пены производят универсальными пенными камерами, пеномачтами или закидными пеносливками в зависимости от принятой схемы тушения.

На резервуарах с легковоспламеняющимися жидкостями стационарно устанавливают только универсальные камеры, обеспечивающие в случае пожара подачу пены на поверхность жидкости.

На рис. 106 представлена универсальная пеносливная камера, пригодная для подачи химической и воздушно-механической пены. Камера рассчитана на получение пены из отдельных порошков, единого порошка или готовых растворов. Они поступают в камеру по двум боковым трубопроводам 2.

При воздушно-пенном тушении пенообразователь подводится к камере по центральному трубопроводу 1. Во избежание проникновения паров ЛВЖ в пенопроводы и по ним в помещение (при наличии открытых штуцеров и вентилей на пенном коллекторе) верхнюю часть камеры закрывают бумагой, целлофаном или тонкой металлической фольгой 4. Эта предохранительная пластин-

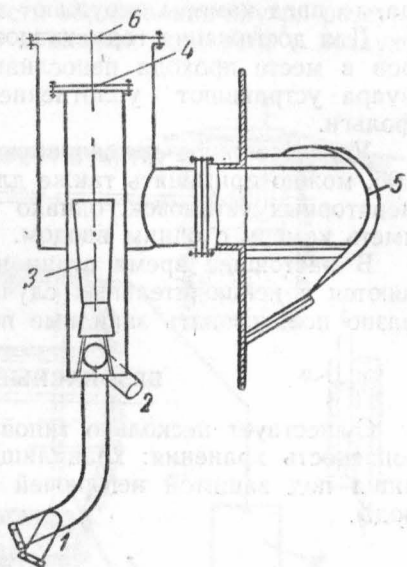


Рис. 106. Схема универсальной пеносливной камеры:

1 — трубопровод для подвода раствора пенообразователя; 2 — трубопровод для подсоса воздуха или подачи химической пены и растворов (при этом трубопровод 1 перекрывается заглушкой); 3 — диффузор; 4 — бумага или фольга; 5 — козырек, направляющий пену; 6 — крышка.

ка при пуске установки разрывается давлением поступающей пены. Для наблюдения за пластинкой и смены ее в верхней части камеры сделано окно, закрываемое крышкой 6.

Перед сточным отверстием камеры внутри резервуара крепится козырек 5, направляющий пену к борту резервуара.

Во избежание повреждения камеры в случае взрыва и сноса крыши резервуара ее крепят у верхнего борта. Если же по каким-либо соображениям камеру устанавливают на крыше резервуара, то ввод камеры окружают тонким разрывным листом.

Для достижения герметичности и предотвращения утечки паров в месте прохода пеносливной камеры через стенку резервуара устраивают уплотнение из асбеста или металлической фольги.

Универсальную пеносливную камеру, изображенную на рис. 106, можно применять также для пеноаккумуляторных и пеногенераторных установок, однако в этих случаях целесообразнее иметь камеру с одним вводом.

В настоящее время стационарные пенные установки применяются в исключительных случаях, так как наиболее целесообразно использовать закидные пеносливы и пеномачты.

БЕЗОПАСНЫЕ ХРАНИЛИЩА

Существует несколько типов хранилищ, обеспечивающих безопасность хранения: хранилища с огнепреградителями; хранилища под защитой негорючей среды; хранилища под защитой воды.

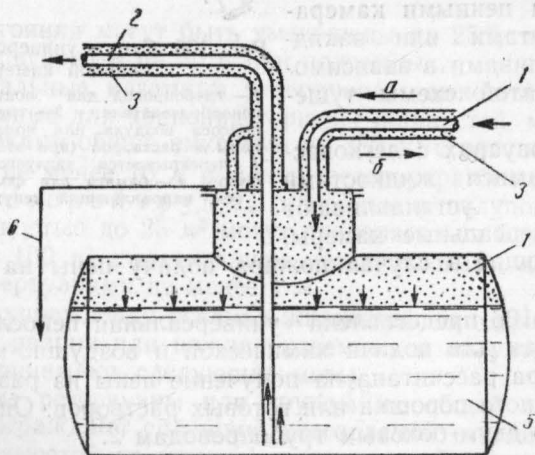


Рис. 107. Хранилище под защитой негорючей среды:

- 1 — подача ЛВЖ в хранилище; 2 — расходный трубопровод; 3 — наружный трубопровод для негорючего газа; 4 — негорючий газ; 5 — хранимая жидкость; 6 — заземление; а — поступление газа при расходе ЛВЖ; б — движение газа при наполнении резервуара ЛВЖ.

Полная безопасность хранения ЛВЖ может быть достигнута при соблюдении следующих условий:

невозможность проникновения огня внутрь резервуаров при порче оборудования, поломке трубопроводов, пожаре у мест приема и раздачи жидкостей или в непосредственной близости к хранилищу;

невозможность разлития жидкости на окружающую территорию при порче оборудования и поломке трубопроводов;

полное устранение возможности образования внутри резервуара взрывоопасной смеси паров хранимой жидкости с воздухом;

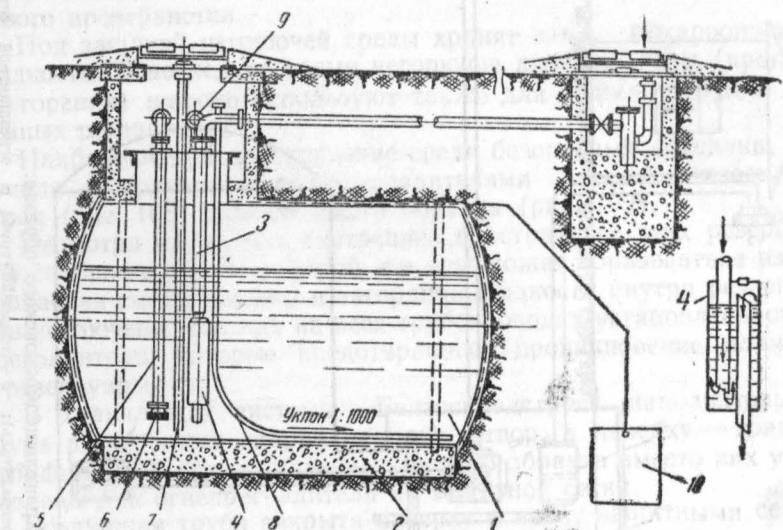


Рис. 108. Хранилище под защитой огнепреградителей (системы Бензоскладстроя):

1 — резервуар; 2 — фундамент; 3 — приемная труба с гравийным фильтром (огнепреградителем) в колодце; 4 — гидравлический затвор; 5 — раздаточная труба; 6 — приемный клапан; 7 — замерная труба; 8 — зачищенная труба; 9 — воздушная труба с огневым предохранителем; 10 — заземление.

надежное заземление всех металлических частей хранилища; трубопроводов и арматуры, соприкасающихся с ЛВЖ, для отвода статического электричества, образующегося при протекании жидкости по трубам.

Всем перечисленным условиям отвечают только хранилища под защитой негорючей среды (рис. 107). В этих хранилищах жидкость постоянно находится под небольшим давлением негорючих газов (углекислый газ, азот, продукты горения), которые препятствуют образованию взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ и делают среду негорючей.

Резервуары с жидкостью, находящейся под давлением негорючих газов, устанавливают под землей. Это обеспечивает защиту их от внешнего воздействия огня и устраняет возможность роз-

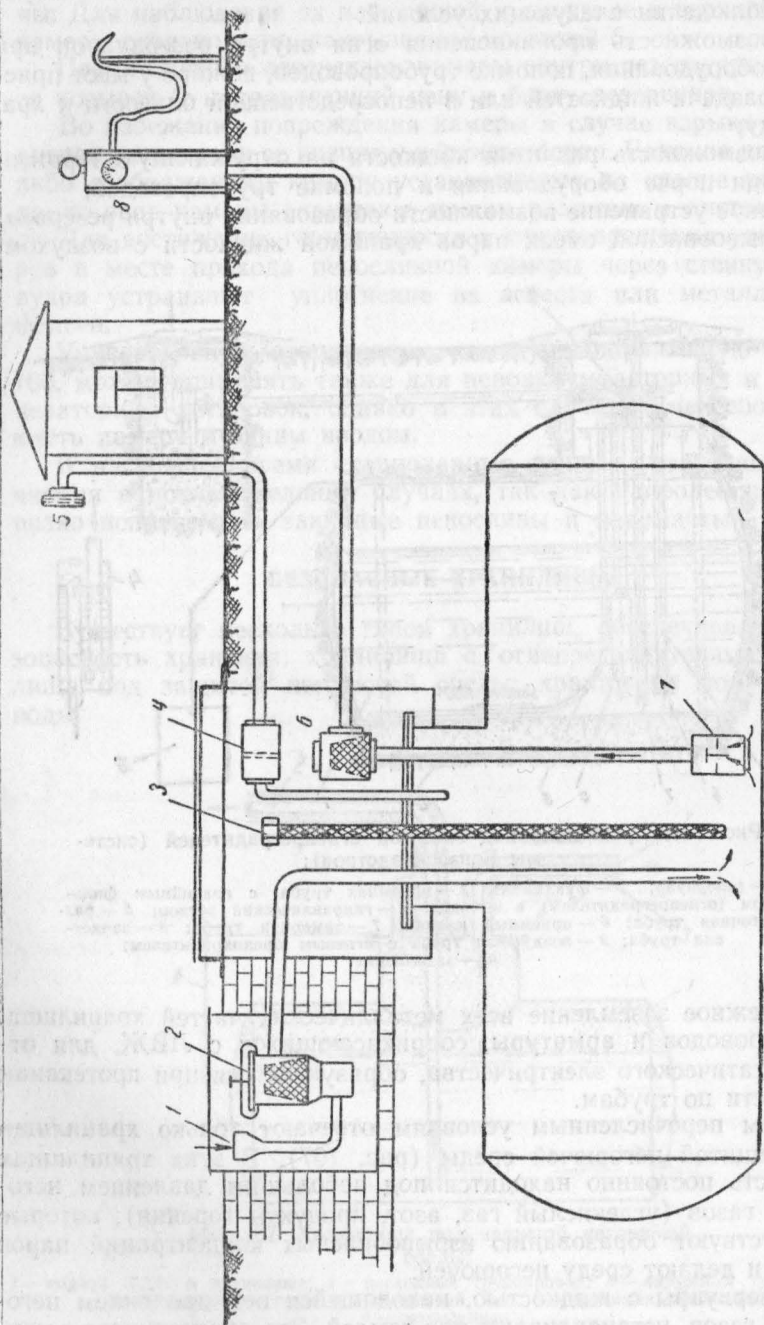


Рис. 109. Хранилище московского образца:

1 — сливная воронка; 2 — сливной фильтр (огнепреградитель); 3 — зондовая труба с огнезащитной сеткой; 4 — прямой огнепреградитель; 5 — воздушный огнепреградитель; 6 — угловой раздаточный клапан; 7 — всасывающий об

лива жидкости по поверхности земли, даже при поломке оборудования.

Благодаря применению бронированных двойных трубопроводов с кольцевым пространством, связанным с негорючей средой резервуаров, достигается безопасность при их наполнении и эксплуатации, а также снижение давления внутри резервуаров до атмосферного при повреждении трубопроводов. Это предотвращает возможность вытеснения жидкости из резервуара на поверхность земли. Для удешевления хранения ЛВЖ под защитой негорючих газов применяют одинарные трубопроводы без кольцевого пространства.

Под защитой негорючей среды хранят самые пожароопасные жидкости. В последнее время негорючие дымовые газы (продукты горения) широко используют также для защиты ЛВЖ в наземных резервуарах.

Наибольшее распространение среди безопасных хранилищ получили резервуары с огнепреградителями системы Бензоскладстроя (рис. 108) и московского образца (рис. 109).

Несмотря на то, что внутреннее пространство этих резервуаров сообщается с атмосферой и в нем может образоваться взрывоопасная смесь, взрывы и загорания жидкости внутри резервуаров исключены, так как на всех трубопроводах установлены огнепреградители, которые предотвращают проникновение пламени в резервуары.

В хранилищах системы Бензоскладстроя наполнительная труба внизу имеет гидравлический затвор, а наверху — гравийный фильтр. В хранилищах московского образца вместо них установлены два огнепреградителя из защитной сетки.

Воздушная труба закрыта наверху и внизу защитными сетками (огнепреградителями), а в хранилищах системы Бензоскладстроя внизу иногда установлен гравийный горшок.

Раздаточная труба имеет огнепреградитель и обратный клапан (одинарный или двойной).

Измерительная труба защищена сеткой.

Для отвода статического электричества хранилища оборудованы специальным заземлением.

Глава XV

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ТАРНЫХ ХРАНИЛИЩ И СЛИВО-НАЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ

ХРАНЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ В ТАРЕ

Легковоспламеняющиеся жидкости хранят только в металлической таре и в зданиях, специально предназначенных для этой цели. Горючие жидкости можно хранить в металлической и деревянной таре, которую разрешается устанавливать на открытых площадках.

Хранение легковоспламеняющейся жидкости в таре представляет пожарную опасность, так как в самой таре и в тарных хранилищах могут образоваться взрывоопасные концентрации паров жидкости с воздухом.

При неисправности тары или повреждении ее во время погрузочно-разгрузочных работ, а также при наличии неплотностей резьбы у пробок и при несвоевременном обнаружении этих неисправностей происходит утечка продукта в помещение. Это может привести к образованию в помещении взрывоопасной смеси. Кроме того, внутри самой тары имеется определенное количество паровоздушной смеси. Чем меньше в таре жидкости, тем больше объем паровоздушной смеси. Такая тара опасна в отношении возможности взрывов.

Наиболее пожароопасны разливные отделения тарных хранилищ. В этих помещениях жидкость часто разливается в результате переполнения тары, остатки жидкости из шлангов вытекают на пол, а в местах соединения шлангов с трубопроводами происходит утечка продукта вследствие наличия здесь неплотностей.

Причиной воспламенения разлившейся жидкости или взрыва паров в помещении могут быть удары тары при погрузочно-разгрузочных работах или при открывании и закрывании пробок; искры, высеченные инструментом; открытый огонь; неисправность электропроводки, арматуры, светильников и т. п. В разливных помещениях, кроме того, пожар может возникнуть от разрядов статического электричества, а на разливных площадках — от искр автомашин. При этом пожар часто сопровождается взрывами тары с легковоспламеняющимися жидкостями.

На одном из объектов во время пожара гаража взорвались бочки с бензином, расположенные между зданиями на улице, недалеко от очага пожара.

На складе горючих материалов и ЛВЖ во время пожара произошел взрыв двух сосудов с ацетоном. В результате через 10 мин. половина склада была охвачена огнем.

К тарным хранилищам и таре предъявляются следующие пожарно-профилактические требования.

Во избежание утечки продукта тару следует применять только исправную и хранить ее пробками кверху. При этом плотность закрытия пробок должна обеспечивать полную невозможность утечки продукта.

Для предотвращения разрыва тары при хранении или транспортировке от действия высоких температур степень наполнения ее не должна превышать 0,95.

В случае повреждения тары или появления в ней каких-либо неисправностей ее необходимо немедленно удалять со склада.

Порожнюю тару разрешается хранить только отдельно и с закрытыми пробками.

Особую осторожность нужно соблюдать при погрузочно-разгрузочных работах, не допуская падения бочек и ударов их друг о друга или о твердую поверхность грунта и площадок.

Для удаления из хранилищ выделяющихся паров их оборудуют вентиляцией, как правило, естественной. Вентиляционные каналы устраивают из негорюемых материалов. Отверстия каналов защищают огнезащитными сетками и располагают с учетом удельного веса паров жидкостей — обычно в нижних зонах помещения.

Электрооборудование в хранилищах легковоспламеняющихся жидкостей допускается только взрывозащищенного исполнения, освещение — рефлекторное, кососветами или внутреннее (светильниками ВЗГ-200), а в хранилищах горючих жидкостей — закрытого типа с пылеводонепроницаемой арматурой.

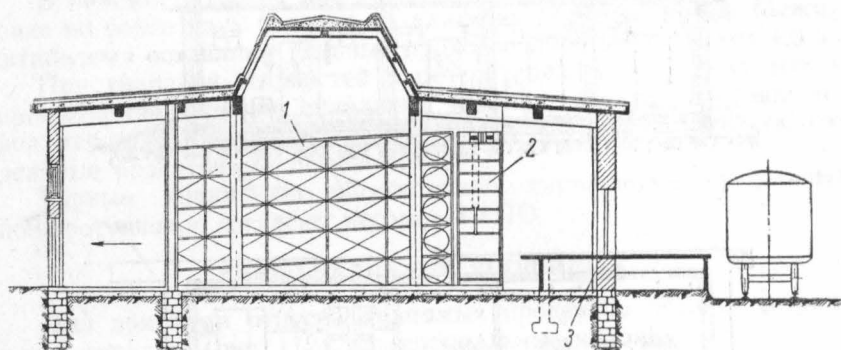


Рис. 110. Тарное наземное хранилище:
1 — стеллажи; 2 — элеватор (подъемник для бочек); 3 — порог.

Тарные хранилища легковоспламеняющихся жидкостей должны быть только одноэтажными негорюемыми I или II степени огнестойкости (рис. 110); хранилища горючих жидкостей могут быть двух- и трехэтажными I или II степени огнестойкости. Внутренние подъемники в многоэтажных хранилищах устраивают в отдельных шахтах с негорюемыми стенами. Склады II и III категорий для хранения горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C допускается размещать в зданиях III степени огнестойкости.

Подземные и полуподземные тарные хранилища должны быть только одноэтажными. Хранение легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже в подвальных и полуподвальных помещениях не допускается. На складах III категории жидкости с температурой вспышки паров выше 120°C в количестве до 60 м^3 могут храниться в подземных хранилищах из сгораемых материалов, при условии засыпки покрытия слоем утрамбованной земли толщиной не менее $0,3\text{ м}$ и устройства пола из негорюемых материалов.

На территории предприятий и строителей, расположенных вне городской черты, а также на территории совхозов, колхозов и лесозаготовительных организаций разрешается хранить легко-

воспламеняющиеся жидкости в таре в количестве не более 5 м^3 или горючие жидкости в количестве не более 25 м^3 в подземных и полуподземных хранилищах из сгораемых материалов, при условии засыпки стен и перекрытий слоем утрамбованной земли толщиной не менее $0,2 \text{ м}$ и устройства пола из несгораемых материалов.

Тарные хранилища разделяются несгораемыми стенами (брандмауерами) на отдельные секции. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости следует хранить только в отдельных секциях (рис. 111).

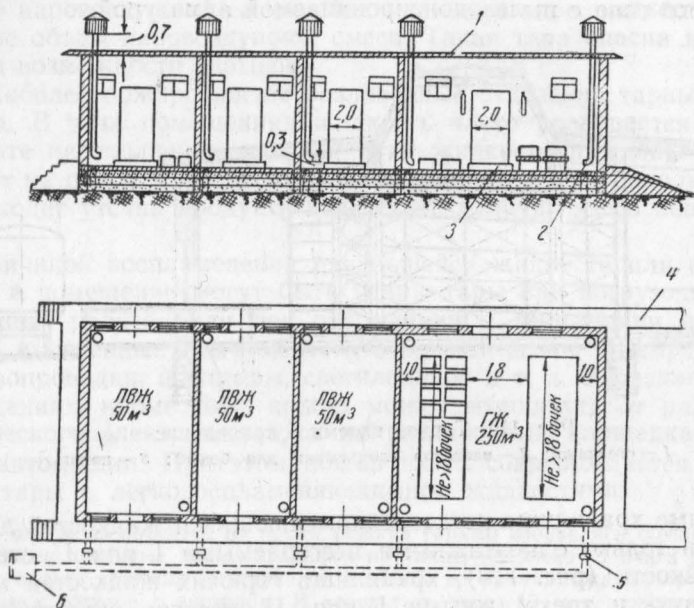


Рис. 111. Оборудование тарного хранилища:

1 — легкое покрытие; 2 — огнезащитная сетка; 3 — порог $0,15 \text{ м}$; 4 — пандус; 5 — гидрозатворы; 6 — ловушка.

Емкость каждой секции хранилища ограничивается: для легковоспламеняющихся жидкостей она должна быть не более 50 м^3 , для горючих жидкостей — не более 250 м^3 . Общая емкость хранилища не должна превышать 300 м^3 для легковоспламеняющихся жидкостей и 1500 м^3 для горючих жидкостей.

В виде исключения допускается совместное хранение (в одном помещении) легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в таре в количестве не более 30 м^3 .

В проемах хранилищ во избежание разлития жидкости из помещения в случае повреждения тары устраивают несгораемые пороги высотой $0,15 \text{ м}$ с пандусами. Полы выполняют из несгораемых материалов со стоками в нефтеловушки.

Из каждой секции хранилища площадью более 100 м^2 должно быть не менее двух непосредственных выходов наружу.

Предельные расстояния от любой точки пола до выходов допускаются не более 30 м.

Тару можно хранить на полу и на стеллажах. Бочки с легковоспламеняющимися жидкостями, имеющими температуру вспышки паров 28° С и ниже, разрешается укладывать только в один ярус (ряд) по высоте, а с прочими жидкостями — не более чем в два яруса. Количество этажей стеллажа должно быть не более пяти для горючих жидкостей и не более трех для легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров выше 28° С.

Укладка бочек на стеллажах допускается только в один ярус независимо от рода жидкости.

В каждом штабеле или стеллаже можно укладывать по ширине не более двух бочек и по длине не более 15 бочек. Между штабелями оставляют главные проходы шириной не менее 1,8 м.

При хранении жидкостей в резервуарах, устанавливаемых в производственных или складских зданиях, предусматривают отвод паров из резервуара в атмосферу, аварийную емкость, отдельные раздаточные помещения.

Тарные хранилища обеспечивают первичными средствами пожаротушения согласно нормам ГУПО.

СЛИВО-НАЛИВНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для приема и отпуска хранимых продуктов обычно устраивают эстакады (рис. 112) или специальные колонки.

Продукт поступает на склад в железнодорожных вагонах-цистернах или в разделенных на отсеки наливных баржах, танкерах и нефтевозах.

Вагоны-цистерны для темных нефтепродуктов и горючих жидкостей оборудуются нижним сливным прибором в виде тройника, закрываемого сверху золотником. Вагоны-цистерны для легковоспламеняющихся жидкостей оборудуются верхним сливным прибором в виде постоянного сифона, который при помощи шланга присоединяется к насосу.

Мазуты чаще всего сливаются через прорезиненный шланг или переносный лоток в постоянный желоб или коллектор, расположенный между рельсами, и оттуда по сливной трубе направляются в сливной резервуар, а затем насосом перекачиваются в емкости склада (рис. 113).

Постоянный желоб закрывается плотно прилегающими откидными крышками.

Сливо-наливные эстакады представляют собой один из наиболее пожароопасных участков склада. Здесь могут образоваться взрывоопасные концентрации внутри цистерн при их наполнении и опорожнении, а также около цистерн, в ямах, колодцах, канализации и других углублениях.

Это подтверждается следующим примером.

На бензиновой эстакаде в ночное время наполняли лигроином шесть железнодорожных цистерн. В момент открывания задвижки для налива лиг-

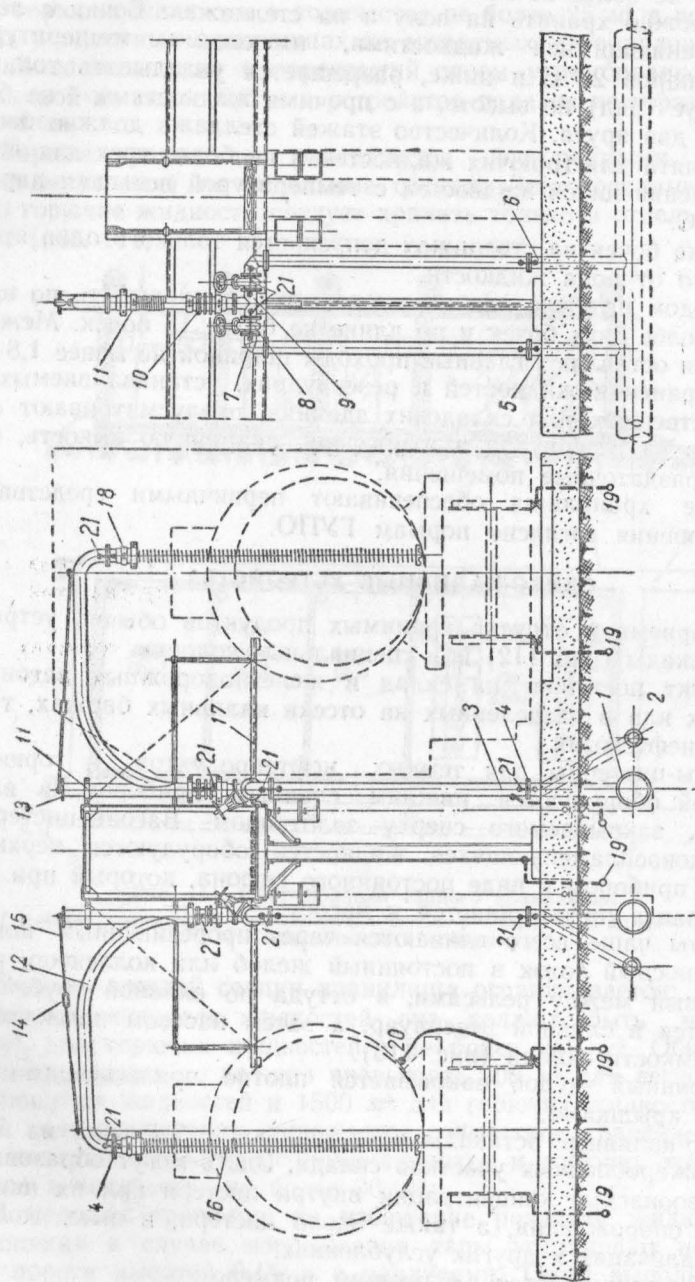


Рис. 112. Металлическая комбинированная эстакада:

1 — основной коллектор (14"); 2 — вспомогательный коллектор (6"); 3 — труба колонки (3"); 4 — фланцевое соединение; 5 — патрубок основного коллектора; 6 — патрубок вспомогательного коллектора; 7 — угольник; 8 — заливка; 9 — заливка; 10 — поворотный саманник (3"); 11 — хомут для крепления колонки; 12 — верхняя часть колонки; 13 — глухой фланец; 14 — стяжная гайка; 15 — оттяжка; 16 — резиновый шланг; 17 — откидной мостик; 18 — хомут; 19 — заземление; 20 — заземление цистерны; 21 — перемычка для аэро-тросовых фланцевых соединений.

роина работница уронила внутрь цистерны аккумуляторный фонарь. В результате удара фонаря о стенки цистерны произошел взрыв паров лигроина. В связи с этим воспламенился лигроин в наливном патрубке. Огонь быстро перешел на соседние патрубки и вызвал взрыв двух других цистерн. Вследствие прогара прокладок во фланцевых соединениях, а также резиновых спиральных рукавов лигроин стал вытекать на эстакаду и гореть на ней и на земле. Температура пожара была настолько высока, что вблизи горящей эстакады спекались песок и камни, деформировались железнодорожные рельсы. Несмотря на работу десяти мощных стволов, примерно через 10 мин. эстакада обрушилась и одновременно разорвался трубопровод в резервуарном парке. Вытекающий лигроин воспламенился и создавалась угроза парку, расположенному на расстоянии 30 м от эстакады. Пожар был ликвидирован только благодаря энергичным действиям пожарных подразделений.

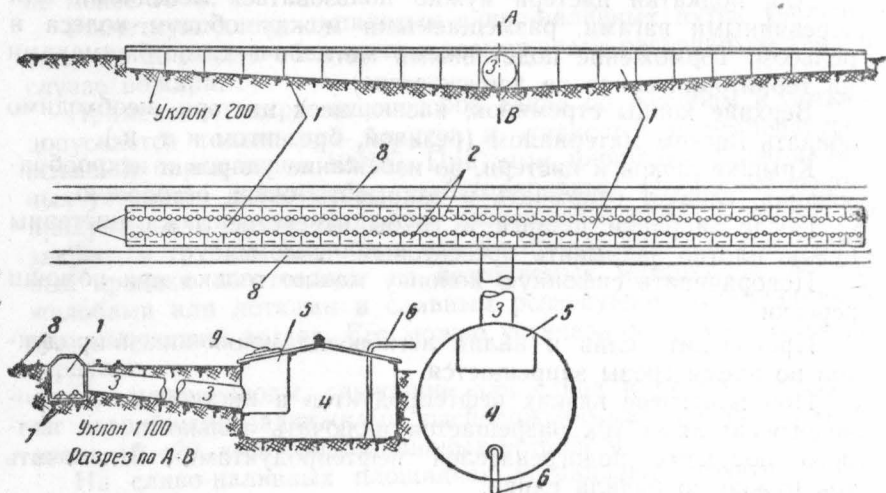


Рис. 113. Схема установки сливного желоба и сливного резервуара:

1 — сливной желоб с двусторонним сливом; 2 — крышки желоба; 3 — сливная труба; 4 — сливной резервуар; 5 — фильтр (ящик с отверстиями в 20—25 мм); 6 — всасывающая труба к насосу; 7 — подогревательные трубки в желобе; 8 — железнодорожные пути; 9 — крышка люка для очистки фильтра 5.

Пожары сливно-наливных эстакад отличаются мощностью и быстротой развития. Это объясняется наличием скученно расположенных железнодорожных цистерн с горючими жидкостями, сливных сооружений, трубопроводов со сгораемыми прокладками во фланцевых соединениях и т. п. Прокладки при пожаре быстро прогорают и вызывают дополнительную утечку продукта, а металлические конструкции эстакад деформируются и при водят к разрыву трубопроводов.

Кроме того, открытые способы слива и налива жидкостей облегчают возможность контакта их с источниками воспламенения.

Наиболее характерными источниками воспламенения являются: искры, высекаемые в результате ударов о цистерну при ее наполнении и опорожнении, разряды статического электричества, гроззовые разряды, искры паровозов, теплота электроподогревателей и т. п.

Во избежание появления источников воспламенения сливные шланги снабжают наконечниками, не допускающими искрообразования при ударе о цистерну.

Паровозы не должны подходить ближе чем на 20 м к месту налива и слива нефтепродуктов. Между паровозом и цистернами необходимо оставлять не менее восьми вагонных осей.

Освещение площадок слива и налива следует применять прожекторное, устанавливая арматуру на высоте не менее 8 м. Местное освещение допускается только при помощи взрывобезопасных аккумуляторных фонарей.

Для подкати цистерн нужно пользоваться лебедками или деревянными вагами, размещаемыми между ободом колеса и рельсом. Торможение подставными металлическими башмаками на территории слива не допускается.

Верхние концы стремянок, касающиеся цистерн, необходимо обивать мягким материалом (резиной, брезентом и т. п.).

Крышки люков и цистерн, во избежание ударов и искрообразования, следует открывать и закрывать очень осторожно.

После заправки шланга и трубы отверстие люка цистерны нужно плотно закрывать брезентовым чехлом.

Поворачивать сифонную колонку можно только при помощи веревки.

Производить слив и налив легковоспламеняющихся продуктов во время грозы запрещается.

При подогреве вязких нефтепродуктов в цистернах электроподогревателями ток разрешается включать только после полного покрытия подогревателей нефтепродуктами. Выключать ток нужно до начала слива.

Электроподогрев жидкостей I и II классов (бензол и т. п.) не допускается. Для подогрева этих жидкостей можно применять пар. Рекомендуется также пользоваться водозеркальным методом подогрева нефтепродуктов в цистернах, разработанным советскими учеными В. С. Яблонским и И. А. Чарным.

Металлические элементы эстакад, трубопроводы, шланги, рельсы, железнодорожные цистерны, находящиеся под сливом и наливом, необходимо надежно заземлять. Для этого рельсы соединяют проводом с системой трубопроводов и сливо-наливных колонок, а второй конец провода заземляют. Все трубопроводы имеют замкнутую электрическую цепь (благодаря устройству перемычек на фланцевых соединениях задвижек и арматуры). Заземлять их надо через каждые 150 м.

В местах примыкания железнодорожной тупиковой линии склада к линиям электрифицированных железных дорог и трамвая обычно устанавливают вставки-изоляторы для защиты от блуждающих электроток.

Железнодорожные сливо-наливные устройства выполняются из несгораемых материалов. На складах I категории для легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров до 45° С и горючих жидкостей с температурой вспышки паров вы-

не 45° С предусматриваются отдельные сливо-наливные устройства.

Протяженность фронта железнодорожных сливо-наливных устройств не должна превышать максимальную длину одного маршрутного состава железнодорожных цистерн.

Между сливо-наливными и обгонными путями, а также между торцами сливо-наливных устройств и осями железнодорожных путей двух сливо-наливных устройств устанавливается разрыв не менее 20 м.

При параллельном расположении сливо-наливных устройств расстояние между их выступающими элементами должно быть не менее 15 м.

Расчетную длину тупиковых сливо-наливных путей увеличивают на 20 м для обеспечения возможности расцепки состава в случае пожара.

Применение открытых способов слива по желобам и лоткам допускается только для мазутов и жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С. При этом площадки сливо-наливных устройств должны быть забетонированы. Остальные нефтепродукты и горючие жидкости разрешается сливать только по закрытым трубам. Желоба и плотно прилегающие к ним откидные крышки изготовляют из несгораемых материалов. Между желобами или лотками и сливным резервуаром устанавливают гидравлический затвор. Его можно устанавливать и в самом резервуаре.

Продуктопроводы, служащие для слива и налива, оборудуют аварийными задвижками, расположенными на расстоянии не менее 15—20 м от сливо-наливных устройств.

На сливо-наливных площадках устраивают сточные лотки, трубы или канавы, соединенные через гидрозатворы с отдельной или центральной ловушкой или с производственно-ливневой канализацией. Ловушки располагают не ближе 20 м от края площадки и ближайшей головки рельса. Для смыва разлившихся жидкостей на площадках или вблизи них, вдоль сточных канав, устанавливают водяные стояки.

Сливо-наливные устройства обеспечивают первичными средствами пожаротушения согласно нормам ГУПО (на 20 пог. м— 2 огнетушителя № 3, 3 ящика с песком, 2 лопаты, 2 совка, 2 песочных носилок, ведро, бочка с водой емкостью 250 л, кошма размером 2 × 2 м или асбестовое полотно).

Глава XVI

ТРЕБОВАНИЯ К ПЛАНИРОВКЕ СКЛАДОВ

ВЫБОР УЧАСТКА

Склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей можно располагать только на специально отведенной территории в соответствии с планировкой промышленного района и населенного пункта в целом.

При выборе территории для складов необходимо учитывать рельеф местности и розу ветров. Резервуары для хранения жидкостей следует устанавливать по возможности в низких местах и с наветренной стороны по отношению к соседним предприятиям и хозяйствам или параллельно направлению господствующих ветров.

В случае наличия водных путей сообщения склады нужно размещать так, чтобы имелась возможность пользоваться ими. При этом склады, возводимые у берегов рек на расстоянии менее 200 м от них, должны находиться на 300 м ниже (по течению реки) близлежащих населенных пунктов, промышленных предприятий, мостов, затонов, пристаней и т. п. При невозможности соблюдения этого требования разрешается размещать склады выше указанных объектов на расстоянии не менее 5000 м для складов I категории и не менее 3000 м для складов II и III категорий.

Если склады находятся на расстоянии менее 200 м от железнодорожного полотна и расположены на площадках, имеющих более высокую отметку по отношению к путям организованного движения поездов, необходимо предусматривать мероприятия, предотвращающие розлив жидкости на железнодорожное полотно при аварии резервуаров.

В тех случаях, когда парк или отдельно стоящие резервуары расположены выше территории другого объекта, которому может угрожать пожар при разливе жидкости из резервуаров, следует устраивать дополнительное обвалование или ограждение в виде стены, исключающей проникновение разлившейся жидкости за территорию парка или за пределы обвалования отдельно стоящих резервуаров.

При выборе участка предусматривают снабжение склада водой для хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд, а также отвод канализационных вод без загрязнения окружающей местности, колодцев, водоемов и т. п.

Выбирая участок, необходимо учитывать возможность обеспечения взаимной безопасности склада и соседних предприятий, с точки зрения переброса огня в случае пожара, т. е. возможность устройства соответствующих противопожарных разрывов, регламентируемых Н 108—53.

Расстояния между зданиями и сооружениями склада, относящимися к категориям А, Б или В, и соседними предприятиями, жилыми или общественными зданиями зависят от общей емкости склада (его категории) и характера объекта, до которого исчисляется разрыв. Они определяются по табл. 4 Н103—53.

Расстояния между зданиями и сооружениями склада, относящимися к категории Г или Д, и соседними объектами принимаются по Н102—54.

В полосе разрывов не разрешается постройка каких-либо зданий и сооружений. Здесь допускается лишь устройство открытых складов для хранения негорюемых материалов, а так-

же разведение огородов, садов и посадка деревьев лиственных пород.

При этом вдоль границ складов необходимо оставлять совершенно свободные полосы земли шириной не менее 20 м для складов I категории и не менее 10 м для складов II и III категорий.

Склады предприятий размещают на специально выделенных участках территории и защищают специальной оградой, устанавливаемой не ближе 5 м от сооружений или подошвы обвалования.

ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА

При генеральной планировке складов учитывают поточность складских операций и движения транспорта, рельеф местности в розу ветров.

Производственные здания и оборудование располагают на более возвышенных местах по отношению к емкостям.

Здания и сооружения размещают на отведенной для них территории отдельными группами по зонам, в зависимости от эксплуатационных признаков.

Согласно Н108—53, планировку рекомендуется производить с выделением шести зон (табл. 13).

Ориентировку сооружений и зданий относительно стран света и направления господствующих ветров производят для обеспечения хорошего проветривания, защиты от нагревания солнечными лучами и от переброса огня в случае пожара.

Зоны розничного отпуска по отношению к зонам приема и хранения рекомендуется размещать параллельно направлению господствующих ветров.

Противопожарные разрывы между резервуарами и соседними зданиями или сооружениями на территории складов первой группы устанавливают в зависимости от категории складов, типа резервуаров, характера зданий и их степени огнестойкости согласно табл. Н 108—53, а на территории складов второй группы — согласно Н 108—53 и Н 102—54.

Разрывы между прочими зданиями и сооружениями на территории складов определяют по табл. 3, 8 и 9 Н 108—53 и Н 102—54.

На территории складов I категории прокладывают не менее двух проездов шириной по 6 м, примыкающих к дорогам общего пользования.

Ко всем сооружениям на территории складов устраивают подъезды с дорожным покрытием шириной не менее 3,5 м. Использование тупиковых дорог и проездов для противопожарных целей не допускается.

Дороги и подъезды должны проходить не ближе 5 м и не дальше 30 м от зданий и сооружений.

Для сбора жидкости на территории складов сооружают из негорючих материалов специальную канализацию с гидрав-

**Перечень зон территории складов, а также зданий и сооружений,
размещаемых в отдельных зонах**

№ п/п	Наименование зон	Здания и сооружения, размещае- мые в пределах зоны
1	Железнодорожного приема и отпуска	Железнодорожные сливо-налив- ные устройства, насосные, ком- прессорные, сливные резервуары, узлы задвижек, тарные хранили- ща, погрузочно-разгрузочные пло- щадки, лаборатории, помещения для сливщиков и наливщиков и другие объекты, связанные со сли- во-наливными операциями
2	Водного приема и отпуска	Причалы, насосные, узлы задви- жек и другие объекты, связанные со сливо-наливными операциями
3	Резервуарного хранения	Резервуары, газосборники, те- плообменники, насосные, компрес- сорные
4	Розничного отпуска, произ- водственных зданий и со- оружений	Разливочные, насосные, тарные хранилища, наливные колонки, ав- товесы, погрузочные, а также опе- ративные площадки для тары, рас- фасовочные, маслоосветительные установки
5	Подсобных зданий и соору- жений	Механические и сварочные мас- терские, бондарные, пропарочные установки, площадки для хранения клепки, электростанции, трансфор- маторные подстанции, котельные, кузницы, склады материалов, топ- лива и золы, водопроводные со- оружения, градирни, диспетчер- ские пункты, а также лаборатории и конторы грузовых операций, об- служивающие сливо-наливные при- чалы
6	Административно-хозяйст- венных зданий и соору- жений	Конторы, проходные гаражи, по- мещения для охраны обслуживаю- щего персонала, общежития и т. п.

Примечания: 1. Жилые дома отделяются от остальной терри-
тории склада ограждением.

2. На складах II и III категорий при хозяйственной целесообразно-
сти допускается совмещение зон 5 и 6.

3. Электрические и трансформаторные подстанции напряжением до
10 кв допускается размещать в зонах 1—4.

4. На складах I и II категорий зона резервуарного хранения выде-
ляется от зон 4—6 оградой с выходом в остальные зоны через охраняе-
мые ворота.

лическими затворами и ловушками. На складах III категории допускается устройство канализационных сетей в виде желобов и лотков. На складах I и II категорий канализация должна быть подземной.

Во избежание распространения пожара по системе канализации колодцы с гидравлическими или другими затворами устанавливаются на всех выпусках из групп резервуаров в одном обваловании, из эстакад, производственных зданий, в местах присоединения отдельных ветвей канализации к основной магистрали, перед ловушками и после них, а также на магистральных линиях через каждые 250 м.

Слой воды, образующий гидравлический затвор, должен быть не менее 25 см.

На канализационных выпусках из обвалования резервуарных парков устанавливают запорные устройства (в виде хлопущих или задвижек), приводимые в действие с вала или извне обвалования.

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Согласно нормам и техническим условиям склады I и II категорий оборудуются электрической пожарной сигнализацией и телефонной связью, противопожарным водопроводом, установками для химического тушения.

Устройство противопожарного водопровода на складах III категории и электрической пожарной сигнализации на складах II—III категорий не обязательно. Эти склады обеспечиваются водоемами или резервуарами для хранения пожарного запаса воды, телефоном и звонковой сигнализацией.

Противопожарное водоснабжение. На территории складов обычно устраивают объединенный противопожарно-хозяйственный водопровод.

На складах I и II категорий, а также на складах III категории при емкости наибольшего резервуара более 700 м³ расчетный расход воды на пожаротушение и охлаждение резервуаров с нефтепродуктами определяют по «Техническим условиям и нормам на проектирование и эксплуатацию устройств по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах» 1951 г. На складах III категории при объеме наибольшего резервуара не более 700 м³ расчетный расход воды принимают от 25 до 15 л/сек в зависимости от емкости склада (по Н 108—53).

При хранении других легковоспламеняющихся и горючих жидкостей расчетные расходы воды устанавливаются соответствующими министерствами по согласованию с ГУПО.

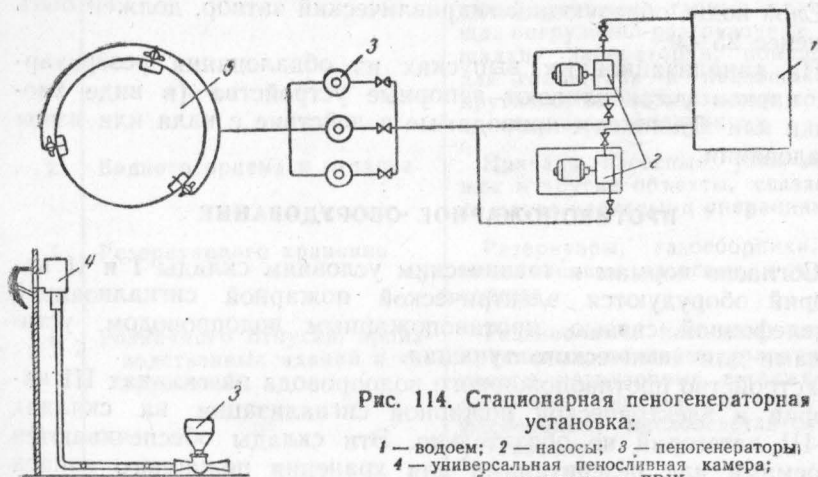
На складах I и II категорий противопожарный водопровод должен иметь кольцевую сеть. На складах III категории водопровод может иметь тупиковую сеть при длине не более 200 м. Если длина тупиковой сети больше 200 м, у зданий и сооружений следует устраивать пожарные водоемы или резервуары.

На складах III категории вместо водопровода допускается устройство не менее двух водоемов емкостью не менее 100 м³ каждый.

Водоемы должны быть расположены на расстоянии не более 200 м от обслуживаемых объектов при наличии автонасосов и не более 150 м при наличии мотопомп.

Установки пожаротушения. Огнегасительные средства выбирают в зависимости от температуры вспышки хранимых жидкостей.

Химическую пену применяют для тушения всех легковоспламеняющихся жидкостей.



Воздушно-механической пеной тушат все легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, хранящиеся в резервуарах емкостью до 1000 м³ включительно, за исключением авиабензинов. При большей емкости резервуаров воздушно-механическую пену разрешается применять только для тушения горючих жидкостей с температурой вспышки выше 45°С, мазутов с температурой вспышки выше 60°С и других продуктов с температурой вспышки выше 120°С.

Распыленной водой можно тушить только горючие нефтепродукты. Согласно «Техническим условиям и нормам на проектирование и эксплуатацию устройств по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах» 1951 г., пожары наземных резервуаров емкостью до 1000 м³ включительно, а также подземных и полуподземных резервуаров следует тушить передвижными установками. Стационарные системы пожаротушения проектируют только в тех случаях, когда применение передвижных и полустационарных установок невозможно. Резервуары для светлых нефтепродуктов высотой более 6 м оборудуют постоянными универсальными пеносливными камерами для полустационарного ту-

шения. Стояки от пеносливных камер заканчивают при этом полугайкой на высоте 1,6 м от площадки.

Из стационарных установок пенотушения на складах наибольшее распространение получили пеноаккумуляторные и пеногенераторные. Однако пеноаккумуляторные установки относительно громоздки и поэтому «Технические условия» 1951 г. рекомендуют применять пеногенераторы: ПГ-25 — для тушения пожаров в резервуарах емкостью до 1000 м³, ПГ-50 — для тушения пожаров в резервуарах любой емкости, ПГ-100 — для тушения пожаров при наличии стационарных систем.

Обычно пеногенераторы устанавливают стационарно только при достаточном напоре и расходе воды в наружном водопроводе. Если же напор воды недостаточен, то склад оборудуют только пенопроводами, идущими от резервуаров к пожарной колонке, где они заканчиваются полугайками. «Технические условия» 1951 г. рекомендуют стационарную пеногенераторную установку новой схемы (рис. 114).

Для тушения легковоспламеняющихся жидкостей ЦНИИПО предложено несколько вариантов воздушно-пенных станций.

Тушение распыленной водой, как показали опыты ЦНИИПО, дает положительные результаты только при горении нефти и небольших емкостей керосина с колебанием уровня в резервуаре в пределах 30—40 см. Наибольший эффект достигается в случае применения для тушения бортового и дефлекторного распылителей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Условия возникновения пожара	3
Горючие вещества, обращающиеся в различных производствах	6
Причины повреждений производственной аппаратуры и трубопроводов	11
Источники воспламенения	14
Качественные и количественные соотношения между горючей средой и источниками воспламенения	17
Основные направления пожарно-профилактических мероприятий	19

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Глава I. Пожарная профилактика процессов нагревания водяным паром

Общие сведения	25
Приборы для обогрева водяным паром	25
Пожарная опасность и пожарно-профилактические мероприятия	29

Глава II. Пожарная профилактика процессов обогрева пламенем и топочными газами

Общие сведения	36
Общие случаи пожарной опасности печей, работающих на жидком и газообразном топливе	38
Основные пожарно-профилактические мероприятия при устройстве и эксплуатации печей	43
Обогрев горючих жидкостей в трубчатых печах	48
а) Назначение, устройство и работа трубчатых печей	48
б) Пожарная опасность трубчатых печей	52
в) Пожарно-профилактические мероприятия	57
Особенности пожарной опасности печей, работающих на пылевидном топливе	64

Глава III. Пожарная профилактика процессов обогрева специальными теплоносителями и электрическим током

Общие сведения	66
Обогрев перегретой водой	67

Обогрев маслом	68
Обогрев дифенильной смесью (даутермом)	71
Обогрев электрическим током	76

Глава IV. Пожарная профилактика процессов разделения жидких неоднородных систем

Общие сведения	79
Отстаивание	80
Фильтрация	84
Центрифугирование	87

Глава V. Пожарная профилактика процессов разделения растворов

Общие сведения	93
Сущность процесса ректификации	93
Устройство и работа ректификационных колонн и установок	96
Пожарная опасность процессов ректификации	101
Пожарно-профилактические мероприятия	108

Глава VI. Пожарная профилактика процессов разделения паровоздушных систем

Общие сведения	113
Абсорбционный метод рекуперации	115
Адсорбционный метод рекуперации	117
а) Сущность процесса и работа установки	117
б) Пожарная опасность установки	122
в) Пожарно-профилактические мероприятия	125

Глава VII. Пожарная профилактика процессов окраски

Общие сведения	132
Лакокрасочные материалы	133
Технология окраски	136
Пожарная опасность процессов окраски	136
Пожарно-профилактические мероприятия	142

Глава VIII. Пожарная профилактика процессов сушки твердых веществ от летучих растворителей

Общие сведения	152
Виды сушилок	153
Пожарная опасность сушилок	155
Пожарно-профилактические мероприятия	159

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава IX. Пожарная профилактика нефтеперерабатывающих заводов

Общие сведения	163
Технологические схемы перегонки нефти и крекинга нефтепродуктов	164
а) Первичная перегонка нефти	164
б) Крекинг нефтепродуктов	167

Пожарная профилактика основных производственных аппаратов и сооружений	171
Пожарно-профилактические мероприятия при планировке нефтеперерабатывающих заводов	192

Глава X. Пожарная профилактика производства синтетического каучука из спирта

Общие сведения	197
Основные производственные операции получения СК из спирта	198
Пожарная профилактика основных цехов производства СК из спирта	200
а) Спиртоиспарительное отделение	200
б) Контактное отделение	202
в) Цех конденсации	210
г) Газовый цех	211
д) Цех полимеризации	213
е) Цех обработки полимера	221

Глава XI. Пожарная профилактика производства гидрированных жиров

Общие сведения	225
Пожарная профилактика основных цехов производства	228
а) Цех приготовления катализатора	228
б) Цехи очистки и подогрева масла	229
в) Автоклавный цех	232

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА СКЛАДОВ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава XII. Способы хранения жидкостей и типы хранилищ

Общие сведения	236
Стальные резервуары	237
Железобетонные резервуары	240

Глава XIII. Пожарная опасность емкостей с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями

Общие сведения	242
Условия и причины образования горючей среды	244
Источники воспламенения и причины их появления	247
Условия, способствующие процессу развития пожара	251

Глава XIV. Пожарно-профилактические мероприятия при хранении жидкостей в емкостях

Мероприятия, предупреждающие образование горючей среды	252
Мероприятия, предупреждающие появление источников воспламенения	261
Мероприятия, ограничивающие развитие пожара и обеспечивающие его тушение	268
Безопасные хранилища	270

**Глава XV. Пожарная профилактика тарных хранилищ
и сливо-наливных устройств**

Хранение жидкостей в таре	273
Сливо-наливные устройства	277

Глава XVI. Требования к планировке складов

Выбор участка	281
Генеральная планировка	283
Противопожарное оборудование	285

М. В. Алексеев, В. М. Смирнов

**Пожарная профилактика в технологических процессах,
связанных с обращением горючих и легковоспламеняющихся
жидкостей**

2

Редактор П. Г. Демидов

Редактор издательства М. Л. Иоффе

Техн. редактор Е. Петровская

Корректоры Т. И. Звороно и А. Ф. Соломатина

Сдано в набор 14/XII 1954 г.

Подписано к печати 22/II 1955 г.

Форм. бум. 60 × 92/16.

Печ. л. 18 1/4.

Уч.-изд. л. 19,1.

Тираж 10 000.

Л123586.

Изд. № 1857.

Заказ 4689.

Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР

Москва, К-12, Ипатьевский пер., д. 14.

Типография изд-ва Министерства коммунального хозяйства РСФСР,
г. Перово, ул. Плещева, 22.