МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания

по выполнению курсового проекта

Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность

Екатеринбург

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов» для курсантов, студентов и слушателей Уральского института ГПС МЧС России, обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность. – Екатеринбург, Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – 65с.

Составители:

Кочнев С.В. старший преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов», и предназначены для курсантов, студентов и слушателей Уральского института ГПС МЧС России, обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность.

Методические указания по выполнению курсового проекта разработаны для организации самостоятельной работы слушателей при выполнении курсового проекта по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов».

В методических указаниях изложены требования к курсовому проекту, варианты выбора задания и рекомендации по его выполнению.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	5
1.	Задание на курсовой проект	6
2.	Представляемый материал	7
3.	Методические рекомендации	8
3.1.	Изучение технологического процесса	8
3.2.	Оценка пожаровзрывоопасных свойств веществ, обращающихся в производстве	8
3.3.	Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов при их нормальной работе	8
3.4.	Пожаровзрывоопасность аппаратов, при эксплуатации которых возможен выход горючих веществ наружу без повреждения их конструкции	14
3.5.	Анализ причин повреждения аппаратов и трубопроводов, разработка необходимых средств защиты	17
3.6.	Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания	24
3.7.	Возможные пути распространения пожара	26
3.8.	Расчет категории производственного помещения по взрыво-пожарной и пожарной опасности	28
3.9.	Разработка пожарно-технической карты	28
4.	Технологические процессы для курсового проектирования	30
4.1.	Производство полиэтилена методом низкого давления	30
4.2.	Цех окраски изделий с краскоприготовительным отделением	36
4.3.	Установка первичной перегонки нефти (АТ)	42
4.4.	Установка для улавливания паров ЛВЖ из горючего газа методом абсорбции	48
4.5.	Установка для улавливания паров ЛВЖ из паровоздушной смеси методом адсорбции	53
	Литература	58
	Приложение 1	59
	Приложение 2	60

ВВЕДЕНИЕ

Цель курса «Пожарная безопасность технологических процессов» – научить слушателей на инженерном уровне оценивать пожарную опасность современного технологического оборудования, определять при помощи расчетных методов категории помещений, зданий и наружных установок по взрывной и пожарной опасности, количественно оценивать категории взрывоопасности технологических блоков.

Задачи курса включают изучение научно-технических методов оценки пожаровзрывоопасности технологического оборудования, а также инженерных способов обеспечения пожарной безопасности технологических процессов.

В результате изучения курса «Пожарная безопасность технологических процессов» слушатель должен знать методы оценки пожарной опасности технологического оборудования и надзора за пожарной безопасностью промышленных объектов; уметь разрабатывать меры пожарной профилактики с применением инженерных методов расчета.

Для успешного изучения учебного материала необходимо знать некоторые разделы таких дисциплин, как физика, химия, термодинамика и теплопередача, теория процессов горения и т.д.

В процессе изучения курса каждый слушатель очного обучения должен наряду с другими видами учебных заданий выполнить курсовой проект. Каждый слушатель факультета заочного обучения должен выполнить курсовой проект в сроки, указанные в учебном плане.

Перед выполнением курсового проекта слушатели должны изучить темы курса, указанные в рабочей программе.

После выполнения, согласно указанных ниже требований, курсового проекта и контрольной работы, зачтения контрольной работы преподавателем слушатель допускается к защите курсового проекта. После успешной защиты курсового проекта слушатель допускается к сдаче итогового экзамена.

1. Задание на курсовой проект

Вариант курсового проекта для каждого слушателя соответствует двум последним цифрам его зачетной книжки. Если две последние цифры попадают в интервал:

№№	Вид технологического процесса	Наименование помещений для расчета категории производств по взрывопожарной и пожарной опасности	Номер таблицы с характеристикой оборудования
00-09	Производство полиэтилена методом низкого давления	помещения мерников и разбавителей катализаторного комплекса	1, 2
10-19	Производство полипропилена методом низкого давления	помещения конечных сборников суспензии	1, 3
20-29	Окраска тракторных деталей	помещения окрасочных камер	4, 5
30-39	Окраска автомобильных деталей	помещения мерников и растворителей	4, 6
40-49	Установка первичной перегонки нефти	помещения насосной станции сырьевых насосов	7, 8
50-59	Установка первичной перегонки нефти	помещение насосной станции продуктовых насосов	7, 9
60-69	Абсорбирование паров бензина из природного газа	помещение компрессорной станции для сжатия природного газа	10, 11
70-79	Абсорбирование паров этилового спирта из этилена	помещение компрессорной станции для сжатия этилена	10, 12
80-89	Адсорбирование бензина из паровоздушной среды	помещения сепараторов и насосов	13, 14
90-99	Адсорбирование бензола из паровоздушной среды	помещения с емкостями бензола	13, 15

Параметры работы защищаемых аппаратов, характеристика и размеры помещений для расчета категории производств определяются по таблицам 1-15 данных методических указаний.

2. Представляемый материал

Курсовой проект должен иметь расчетно-пояснительную записку и Графическую часть, представляющую собой выполненную на формате А1 пожарно-техническую карту технологического процесса с указанием схемы размещения оборудования, факторов пожарной опасности и мероприятий по защите.

Содержание записки объемом 20 - 25 страниц должно отражать следующие вопросы:

1. Краткое описание технологического процесса;
2. Анализ пожаровзрывоопасных свойств веществ, обращающихся в производстве.
3. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов при их нормальной работе.
4. Пожаровзрывоопасность аппаратов, при эксплуатации которых возможен выход горючих веществ наружу без повреждения их конструкции.
5. Анализ причин повреждения аппаратов и трубопроводов, разработка необходимых средств защиты.
6. Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания.
7. Возможные пути распространения пожара.
8. Расчёт категории производственного помещения по взрывоопасной и пожарной опасности.
9. Пожарно-профилактические мероприятия. Вопросы экологии.
10. Выводы.
11. Литература.

Титульный лист курсового проекта оформляется по образцу (приложение 1)

Пожарно-техническая карта выполняется в виде чертежа (см. рис. 1).

3. Методические рекомендации

Анализ пожарной опасности технологического процесса (аппаратов, предусмотренных вариантом задания) следует производить согласно п. 7.2 ГОСТ Р 12.3.047-98. Основные вопросы, подлежащие отработке в курсовом проекте, и рекомендации для их решения изложены ниже.

3.1. Изучение технологического процесса

Изучить краткое описание технологического процесса. Разобраться в материальных потоках, изучить последовательность технологических операций. Понять процессы, протекающие в технологических аппаратах, их физико-химическую сущность. Изучить параметры (давление, температуру, скорости, расходы), при которых осуществляются процессы в технологических аппаратах. Дать характеристику аппаратов.

3.2. Оценка пожаровзрывоопасных свойств веществ, обращающихся в производстве

Используя ГОСТ 12.1.044-89*[4], справочное пособие[6], следует установить взрывопожароопасные свойства веществ, обращающихся в производстве:

- для жидкостей – химический состав, температуру кипения, плотность жидкости и её паров, температуру вспышки, температурные и концентрационные пределы распространения пламени, температуру самовоспламенения, склонность к самовозгоранию, способность к электризации, теплоту сгорания, токсичность, тушащие средства;

- для газов – химический состав, плотность, концентрационные пределы распространения пламени, температуру самовоспламенения, теплоту сгорания, токсичность, тушащие средства;

- для твёрдых веществ – химический состав, температуру самовоспламенения, склонность к самовозгоранию, теплоту сгорания, скорость горения, токсичность продуктов термического разложения и горения, способность к плавлению при нагревании и горении, огнетушащие средства (для пыли указать величину нижнего концентрационного предела распространения пламени).

При описании пожароопасных свойств веществ следует комментировать эти данные и сделать вывод, указав характерные особенности обращающихся в производстве веществ, определить наиболее пожароопасные вещества.

3.3. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов при их нормальной работе

В технологической схеме могут быть аппараты с горючими жидкостями, причём уровень жидкости может изменяться при наполнении или расходе продукта. Могут быть аппараты, полностью заполненные жидкостью (например, насосы, трубопроводы), аппараты с горючими газами и аппараты, внутри которых находятся одновременно горючая жидкость и газ. Поэтому вначале следует

выяснить, есть ли аппараты с переменным уровнем горючей жидкости. Это обычно резервуары, вертикальные и горизонтальные ёмкости, мерники и другие подобные им аппараты. В таких аппаратах над поверхностью жидкости всегда есть паровоздушное пространство, концентрация паров в котором может быть ниже нижнего предела распространения пламени (воспламенения) или в пределах воспламенения (взрыва), или выше верхнего предела распространения пламени (воспламенения). Чтобы установить, какая концентрация паров будет в паровоздушном объеме аппарата при нормальной рабочей температуре, нужно сравнить эту температуру с температурными пределами распространения пламени и сделать соответствующие выводы. ([1], стр. 7):

$$T_{НПВ} - 10 \le T_P \le T_{ВПВ} + 15$$

где T_P — расчетная температура жидкости; Тнпв, Твпв — соответственно нижний и верхний температурные пределы воспламенения жидкости (с учетом давления среды в аппарате).

Результаты оценки пожарной опасности целесообразно оформить в виде таблицы ([1], с. 9):

Номер аппарата	Наименование аппарата; жидкость	Наличие паровоздушного пространства в аппарате	Рабочая температура в аппарате, °С	Температурные пределы воспламенения водно-спиртовых растворов		Заключение о горючести среды в аппарате
				нижний	верхний	
1	Резервуар; 20%-ный раствор спирта	есть	18	33	54	Среда негорючая, так как $T_P < T_{НПВ}$
2	Насос; 20%-ный раствор спирта	нет	18	33	54	Отсутствует паровоздушное пространство
3	Подогреватель; 20%-ный раствор спирта	нет	70	33	54	Отсутствует паровоздушное пространство
4	Ректификационная колонна; верх – 96%-ный раствор спирта; низ – вода	нет	верх-80 низ-100	11	40	Отсутствует паровоздушное пространство
5	Дефлегматор; спирт-ректификат	нет	80	11	40	Отсутствует паровоздушное пространство
6	Холодильник; спирт-ректификат	нет	80_20	11	40	Отсутствует паровоздушное пространство
7	Приемник; спирт-ректификат	есть	20	11	40	Среда горючая, так как есть паровоздушное пространство и $T_{ВПВ} < T_P < T_{НПВ}$

Следует также показать, как будет изменяться концентрация паров внутри аппарата при понижении уровня жидкости (в период ее расхода), когда в аппарат начнет поступать свежий воздух через дыхательную трубу и разбавлять паровоздушную смесь. Если в аппарате в какие-то периоды образуется взрывоопасная концентрация, опасность ее можно подтвердить расчетом величины давления, которое образуется при взрыве ([1], с. 147):

$$P_{взр} = P_р\,(T_{взр} / T_{нач})\,(m/n)$$

где $p_{взр}$ и $p_р$ — конечное давление взрыва и начальное рабочее давление в аппарате перед взрывом; $T_{взр}$ и $T_{нач}$ — температура продуктов горения при взрыве и начальная температура горючей смеси; m, n — количество молей в продуктах горения и в исходной смеси (по уравнению реакции горения). Значение температуры продуктов адиабатического горения можно взять из [6] или вычислить.

и внутреннего напряжения в стенке сосуда. Внутреннее напряжение можно рассчитать по формулам ([2], (4.29; 4.30; 4.31)):

Напряжения в стенках для цилиндрических частей аппаратов, работающих под давлением при $\beta = \frac{D_н}{D_в} \le 1{,}5$ *определяются:*

$$\sigma = \frac{P[D_в + (S - C)]}{2{,}3(S - C)\varphi} \le [\sigma]\,,$$

В случае $\beta > 1{,}5$*:*

$$\sigma = \sqrt{3}\,\frac{m\beta^2}{(\beta - 1)\varphi} \le [\sigma].$$

где σ *- напряжения в стенках аппарата, работающего под давлением, Па; P - давление среды в аппарате, Па;S- толщина стенки аппарата, м;C - прибавка на коррозию, м; φ- коэффициент прочности шва - для цельнокованных, литых и витых сосудов φ = 1; при ручной односторонней сварке φ = 0,7; Dв - внутренний диаметр аппарата, м.*

Величина прибавки на коррозию может быть определена из выражения:

$$c = П\tau$$

где П – скорость коррозии материала, принимаемая обычно не менее $5 \cdot 10^{-5}$ *м / год; τ - продолжительность эксплуатации оборудования, лет.*

Определив величину давления при взрыве паров и возникающие вследствие этого напряжения в стенках аппарата, следует определить необходимость разработки мероприятий по исключению его разрушения.

Если необходима защита аппарата инертным газом, требуемое время продувки аппарата инертным газом нужно определить расчетом ([1], с. 102):

Вместо полной очистки аппарата от горючих остатков можно применить флегматизацию паровоздушной среды внутри него каким-либо инертным газом (водяным паром, углекислым газом, азотом или продуктами сгорания от генератора инертного газа) или химически активным ингибитором горения. В результате введения инертного газа содержание кислорода во всем газовом пространстве аппарата снижается до максимально допустимой концентрации, зависящей от вида инертного разбавителя.

Время продувки составит:

$$\tau = \frac{V}{q} \ln \frac{1}{1-\varphi_{ин}}$$

где τ *- время продувки аппарата инертным газом, час;*
V - объем аппарата, $м^3$*; g - расход инертного газа,* $м^3$*/час;*
$\varphi_{ин}$ *- концентрация инертного газа, при которой достигается флегматизация паровоздушной среды.*

Если аппараты или трубопроводы полностью заполнены жидкостью, в них нет паровоздушного объема и, следовательно, в них не могут образовываться взрывоопасные концентрации (кроме периодов пуска и остановки).

Если в аппаратах находится горючий газ, оценка опасности внутренней среды проводится сравнением величины рабочей концентрации газа с концентрационными пределами распространения пламени (см. [1], с. 13):

$$0{,}5\varphi_{н} \le \varphi_{раб} \le \left(100 - \frac{100-\varphi_{в}}{K}\right)$$

где $\varphi_{н}$, $\varphi_{в}$ *- соответственно нижний и верхний концентрационный предел воспламенения;*
$\varphi_{р}$ *- рабочая концентрация газа в аппарате.*
Концентрационные пределы воспламенения для газов находят в справочных пособиях [6].
При отсутствии литературных данных пределы воспламенения газа определяют опытным путем (по ГОСТ 13919—68) или расчетным методом. ***K=1,4÷2,1****.*

Как правило, аппараты заполнены газами без наличия воздуха, рабочая концентрация газа в аппарате будет равна 100 %. Следовательно, она практически всегда выше верхнего концентрационного предела воспламенения, т.е. опасность взрыва (взрывоопасная концентрация) отсутствует. Однако она может возникать в периоды пуска и остановки аппарата.

Если аппараты заполнены горючим газом и жидкостью, опасность среды надо оценивать так же, как для аппаратов с наличием газов.

Если в аппаратах (например, сушилках, окрасочных камерах и т.п.) имеется смесь воздуха с насыщенными или перегретыми парами, оценку взрывоопасности внутренней среды следует производить не по температурным пределам воспламенения, а путем сравнения действительной концентрации паров с нижним концентрационным пределом воспламенения. Если концентрация окажется в пределах опасности (с учетом коэффицента запаса), следует предложить меры, обеспечивающие снижение концентрации до безопасных пределов.

Меры пожарной безопасности описаны в работе [1], с. 9-17.

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

1. Ликвидация газового пространства. *Этого можно достичь:*

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

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

в) применением резервуаров с плавающей крышей, одновременно выполняющей роль внешней стационарной крыши;

г) применением резервуаров со стационарной крышей и плавающим понтоном;

д) применением емкостей с гибкими внутренними оболочками.

2. Поддержание безопасного температурного режима. *Это достигается посредством систем контроля и регулирования. Рабочая температура поддерживается ниже нижнего или выше верхнего температурного предела воспламенения паров жидкости.*

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

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

б) применением добавок, снижающих упругость паров и испаряемость жидкости.

4. Введение негорючих (инертных) газов в газовое пространство аппарата.

В результате данной операции либо снижается концентрация окислителя, либо он полностью замещается. Негорючими газами (флегматизаторами) могут быть азот, углекислый газ, водяной пар, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Добавление инертных компонентов ухудшает горючие свойства среды. Область воспламенения при этом сужается вплоть до ее полной ликвидации при определенной (флегматизирующей) концентрации инертного компонента.

Флегматизирующие концентрации инертных газов (при достижении и превышении которых воспламенение невозможно) для смесей различных горючих веществ с воздухом приводятся в справочной литературе [6].

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

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

а) ликвидация газового пространства путем применения плавающих крыш и понтонов;

б) введение негорючих (инертных) газов в газовое пространство аппарата;

в) уменьшение скорости изменения уровня жидкости путем увеличения числа одновременно опорожняемых аппаратов;

г) исключение или сокращение входа атмосферного воздуха в опорожняемый аппарат путем устройства газовой обвязки синхронно работающих аппаратов.

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

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

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

3. Непрерывный автоматический контроль содержания опасной примеси в газе *(окислителя в инертном газе, окислителя в смеси горючего и инертного газов, горючего в окислителе). Для контроля содержания опасной примеси, аппараты и трубопроводы оборудуют стационарными автоматическими газоанализаторами и, кроме того, предусматривают блокировку на узлах задвижек, исключающую попадание примеси в технологический газовый поток.*

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

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

Предотвращению образования горючей среды в аппаратах и трубопроводах с наличием пыли способствуют следующие технические решения:

1. Применение менее «пылящих» процессов измельчения.

2. Введение негорючих газов внутрь аппаратов в течение всего периода работы либо в наиболее опасные моменты. Добавление к горючей пыли минеральных веществ.

3. Устройство систем отсосов пыли из машин.

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

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

6. Конструктивное решение аппаратов и трубопроводов, обеспечивающее минимальное скопление осевшей пыли.

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

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

3.4. Пожаровзрывоопасность аппаратов, при эксплуатации которых возможен выход горючих веществ наружу без повреждения их конструкции

К таким аппаратам относятся: аппараты с переменным уровнем жидкости («дышащие»); аппараты с открытой поверхностью испарения; аппараты периодически действующие.

Следует определить, имеются ли такие аппараты в технологической схеме.

Аппараты с переменным уровнем жидкости. Здесь прежде всего нужно указать, является ли выброс паровоздушной смеси через дыхательную трубу пожаровзрывоопасным (см. [1], с. 21-23):

При выходе паровоздушной смеси из аппарата около него образуется горючая концентрация паров, если температура жидкости равна или больше величины нижнего температурного предела воспламенения:

$$t_{раб} \geq t_{нтпв}$$

где $t_{раб}$, $t_{нтпв}$ - соответственно температура паров жидкости и величина НТПВ.

Если неравенство выполняется, следует определить какое количество паров выходит наружу за один цикл "большого" или "малого" дыхания и какой размер зоны взрывоопасной смеси с воздухом может при этом образоваться.

Количество горючих паров, выходящих из сообщающихся с атмосферой аппаратов при "большом дыхании", определяется по формуле:

$$G_{б} = \Delta V \frac{P_p}{T_p} \varphi_s \frac{M_п}{M_в} \frac{1}{R_в}$$

где $G_б$- количество выходящих из заполненных аппаратов паров, кг/цикл;
ΔV - объем заливаемой в аппарат жидкости, $м^3$;
T_p - рабочая температура жидкости в аппарате, К;
φ_s - объемная доля насыщенных паров;
$M_п$, $M_в$ - молекулярная масса паров и воздуха;
P_p - рабочее давление в герметичном аппарате или барометрическое давление в аппарате, сообщающемся с атмосферой, Па;
R - универсальная газовая постоянная.

Объемную долю насыщенных паров находим по формуле

$$\varphi_s = \frac{Ps}{P_{общ}}$$

где Ps - давление насыщенных паров при рабочей температуре жидкости, Па.

$$P_S = 10^3 \times 10^{A - \frac{B}{c_a + t_p}}$$

где A, B, C_a - постоянные уравнения Антуана;
t_p - температура паров жидкости, °С;

Количество горючих паров, выходящих из сообщающихся с атмосферой аппаратов при изменении температуры в газовом пространстве (при "малом дыхании"), определяется по формуле:

$$G_м = V_{св} P_р \left(\frac{1-\varphi_1}{T_1} - \frac{1-\varphi_2}{T_2}\right) \frac{\varphi_{ср}}{1-\varphi_{ср}} \frac{M}{R}$$

где $G_м$ - количество выходящих из аппаратов паров при малом дыхании, кг/цикл;
$V_{св}$ - свободный объем аппарата, м^3;$P_р$ - рабочее давление в аппарате, Па;
φ_1, φ_2 - объемная доля насыщенных паров жидкости соответственно при температуре T_1 и T_2;
$\varphi_{ср} = \frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}$ *- средняя концентрация паров в аппарате;*
M - молекулярная масса жидкости, кг/кмоль.

Свободный объем аппарата находим по формуле

$$V_{св} = V_{ап} (1 - \varepsilon)$$

где V - объем аппарата, м^3;ε - степень заполнения аппарата жидкостью.

Объем взрывоопасной зоны вблизи места выхода паров (газа) из нормально работающего оборудования определяется по формуле:

$$V_в = \frac{QK_б}{\varphi_н} 10^3$$

где Vв - объем взрывоопасной зоны у дыхательного клапана, м^3;
Q - количество паров, выделяющихся из дыхательных устройств, кг;
$\varphi_н$ - нижний концентрационный предел воспламенения, г/м^3.
$K_б$ - коэффициент безопасности.
$K_б$= 2 - для однородной парогазовоздушной смеси без источника зажигания в ней;
$K_б$ = 4 - для однородной парогазовоздушной смеси при возможности появления источника зажигания;
$K_б$ = 20 - для неоднородной парогазовоздушной смеси с источником зажигания в ней.

Количество паров, выделяющихся из дыхательных устройств, определяем

$$Q = \frac{GN\tau}{3600}$$

где G - количество паров, выходящих из аппарата за один цикл, кг/цикл;
N - количество циклов в течение часа, ч$^{-1}$;
τ - продолжительность работы оборудования, с.

В справочной литературе нижний концентрационный предел воспламенения ($\varphi_н$) определяют в процентах (об.).
Перевод из % (об.) в г/м^3 осуществляют по формуле:

$$\varphi_н = \frac{10\varphi_н M}{V_t} \ [г/м^3]$$

V_t - объем, занимаемый килограмм-молекулой газа при данной температуре и давлении, м^3/кмоль;

$$V_t = \frac{22{,}4 m_0 (T_0 + T_1)}{T_0 P_1} \ [м^3/кмоль]$$

P_0, P_1 - соответственно начальное и заданное давление, кПа;
T_0, T_1 - соответственно начальная и заданная температура К;
M - молекулярная масса газа (пара).

Пожароопасная загазованность прилегающей местности может возникнуть преимущественно при больших дыханиях, когда происходит мощный выброс смеси в атмосферу при значительной концентрации в ней горючих паров.

Максимальный горизонтальный размер зоны загазованности у наземного стального резервуара на уровне планировочной отметки определяется по формуле:

$$X = \frac{6{,}8 V_H \varphi_{НАЧ}}{u \varphi_H H}$$

$V_н$ - расход смеси из клапана, $\varphi_{нач}$ - начальная концентрация паров в смеси, и - скорость ветра, Н - высота выброса (резервуара),

Определив объем взрывоопасной смеси и размер зоны загазованности, следует выяснить, какие меры приняты для снижения указанной опасности. В случае, если их недостаточно, рекомендовать дополнительные (см. [1], с. 23-26):

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

1. Ликвидировать паровоздушное пространство в резервуарах.

Техническими решениями, обеспечивающими ликвидацию паровоздушного пространства над поверхностью испарения хранимой жидкости, являются резервуары с понтоном или с плавающей крышей.

2. Обеспечить постоянство объема газового пространства.

Это техническое решение может быть осуществлено путем устройства газоуравнительной (газовой) обвязки двух или более резервуаров с одинаковыми жидкостями при условии синхронизации операций опорожнения и наполнения обвязанных резервуаров.

3. Осуществить термоизоляцию резервуаров.

Этому техническому решению соответствует также устройство подземных резервуаров, не подверженных воздействию суточных колебаний наружного воздуха.

4. Окрасить резервуары светлыми лучеотражающими составами.

Серебристая (алюминиевая) краска почти в два раза снижает потери по сравнению с черной окраской.

5. Орошать резервуары водой посредством распылителей.

Охлаждение крыши и стенок резервуара в местностях с жарким климатом приводит к снижению потерь в два раза.

6. Осуществить герметизацию газового пространства резервуаров дыхательными клапанами.

Это техническое решение позволяет прежде всего полностью устранить потери от выветривания паров из негерметичного газового пространства и, кроме того, сократить или исключить потери от малых дыханий.

7. Осуществить устройство систем улавливания и утилизации паров.

Для этой цели могут использоваться адсорбционные, абсорбционные, холодильные и компрессорные установки.

8. Вывести дыхательные трубы за пределы помещения.

Надо сами дышащие аппараты устанавливать в помещениях, а дыхательные трубы выводить за пределы помещения или присоединять к системе улавливания паров.

Для аппаратов с открытой поверхностью испарения производится расчет высоты опасной зоны над поверхностью испарения (см. [1], с. 20):

$$h_{on} = \sqrt{12D\tau /(1-\varphi_s)}\ (1 - \sqrt{\varphi_н /\varphi_s})$$

где D- коэффициент диффузии паров, м²/с; τ - время испарения, с.;
φ_s *- концентрация насыщенных паров, об.;* $\varphi_н$ *- НКПВ, об.*

Меры пожарной безопасности описаны в работе (см. [1], с. 20, 21, 23-26):

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

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

2. Замена легковоспламеняющихся жидкостей негорючими или менее пожароопасными жидкостями или составами.

3. Выбор наиболее рациональной формы открытого аппарата, позволяющей иметь минимальную величину поверхности испарения.

4. Устройство систем отсоса и улавливания выделяющихся при испарении паров жидкости непосредственно у аппаратов.

5. Наличие специальных устройств защиты на случай пожара (крышки для закрывания аппаратов, аварийный слив жидкости, локальная установка пожаротушения).

Следует иметь в виду, что аппараты с открытой поверхностью испарения, где только позволяет технология, должны быть заменены закрытыми аппаратами. Однако это не всегда приводит к снижению пожарной опасности.

3.5. Анализ причин повреждения аппаратов и трубопроводов, разработка необходимых средств защиты

Аппараты и трубопроводы могут повреждаться по следующим причинам:

1. от образования повышенного давления;

2. от проявления динамических воздействий;

3. от образования высоких температурных напряжений в материале стенок или от изменения прочностных свойств материала в результате воздействия высоких и низких температур;

4. от коррозии материала стенок или эрозии (механического истирания стенок).

Все вышеперечисленные причины рассматриваются для каждого аппарата своего варианта задания.

1. Образование повышенного давления в аппаратах

При исследовании возможности образования повышенного давления в аппаратах следует:

- **установить, есть ли причины, приводящие к нарушению материального баланса:** увеличение производительности насоса, неисправность редуктора, увеличение интенсивности закачки, образование пробок в расходной линии, увеличение сопротивления дыхательной линии, уменьшение расхода продукта потребителем при неизменном его поступлении, перекрытие расходных линий задвижками, переполнение емкостей при отсутствии переливных линий или автоматики и т.п.

Если какие-либо из этих причин могут иметь место, их надо указать в работе и пояснить, почему именно эти причины характерны для данного случая:

Величину давления в линиях (для преодоления сопротивления и создания необходимой скорости движения продукта) определяют по формуле:

$$\Delta P = \lambda \frac{l_{экв}\omega^2}{2d} \rho_t$$

а общее давление из выражения $P_к = P_н + \Delta P$

где $P_к$ *- конечное давление в системе при увеличении сопротивления линий, Па;*

$P_н$ *- рабочее давление в сети, Па;* ΔP *- потери давления при увеличении сопротивления линий, Па;*

λ *- коэффициент сопротивления трения, определяемый в зависимости от режима движения продукта по формулам:*

- *при Re < 2300 (ламинарный режим)* $\lambda = 64/Re$;
- *при* $10\frac{d}{\Delta} < \mathrm{Re} < 500\frac{d}{\Delta}$ *(переходный режим)* $\lambda = 0{,}11(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}})^{0{,}25}$;
- *при* $15\times10^3 < Re < 80\times10^3$ *(турбулентный режим в гидравлических трубах)* $\lambda = \frac{0{,}3164}{\mathrm{Re}^{0{,}25}}$;
- *при Re> 500 (турбулентный режим)* $\lambda = 0{,}11(\frac{\Delta}{d})^{0{,}25}$,

*иде d - внутренний диаметр трубопровода, м. Определяется с учетом степени уменьшения диаметра*ε.

$d_2 = d \times (1-\varepsilon)$, *(*ε *принимают от 0,1 - 0,55);*

Δ- абсолютная шероховатость стенок труб, м;

$Re = \frac{\omega d}{\nu}$ *- число Рейнольдса;*

ω *- скорость движения продукта в трубопроводе, м/с;*

ν- коэффициент кинематической вязкости при рабочей температуре, $м^2/с$*);*

$l_{экв}$*- эквивалентная длина трубопровода с учетом наличия местных сопротивлений, м;*

ρ_t*- плотность продукта при рабочей температуре,* $кг/м^3$.

$$\rho = \frac{M T_0 m_p}{V_0 T_p P_0}$$

где P_0, P_p *- соответственно атмосферное и рабочее давление, Па;*

T_0, T_p *- соответственно температура при нормальных условиях (273К) и рабочая температура, К;*

М - молекулярная масса вещества;

V_0 *- объем киломоля вещества (22,41* $м^3/кмоль$*).*

В расчетах принимают следующие значения величины Δ(м):
- для новых стальных цельнотянутых, а также оцинкованных труб
$\Delta = (0,1\text{-}0,2) \times 10^{-3}$;
- для новых чугунных труб $\Delta = 0,3 \times 10^{-3}$;
- для цельнотянутых стальных труб с незначительной коррозией
$\Delta = (0,2\text{-}0,3)10^{-3}$;
- для цельнотянутых стальных труб, подвергнутых значительной коррозии,
$\Delta = 0,5 \times 10^{-3}$ и выше.
Меры пожарной безопасности изложены в (см. [1], с. 40-45):

В установившемся процессе вводимые в систему потоки веществ, составляющие приходные статьи баланса, должны равняться потокам веществ, выводимым из системы, которые составляют расходные статьи баланса.

Во избежание аварий и повреждений следует: отдавать предпочтение центробежным насосам и компрессорам, подбирать центробежные насосы и компрессоры без значительного превышения их характеристик над номинальными; у поршневых насосов и компрессоров устраивать циркуляционную линию с перепускным клапаном; использовать устройства, автоматически регулирующие работу насоса или компрессора в зависимости от величины давления в линии.

Для предупреждения образования пробок в линиях производят очистку веществ от взвешенных твердых частиц и солей, не допускают образования отложений кокса, полимеров, льда, кристаллогидратов.

Аппараты и трубопроводы, расположенные на открытых площадках и в неотапливаемых помещениях, защищают теплоизоляцией, прокладывают параллельно трубам паровые спутники.

- **установить, могут ли быть явления, вызывающие повышение температурного режима работы аппарата:** повышение температуры поступающего в аппарат вещества, повышение температуры подогрева аппарата, ухудшение процесса охлаждения аппарата, увеличение скорости экзотермических реакций и т. п.

Если какие-либо из этих явлений имеют место, их следует указать. При этом можно показать расчетом, насколько может повыситься давление в аппаратах с жидкостями или газами при повышении температур на определённую величину (см. [2], с. 40-41, и [1], с. 45-47):

Так давление в герметичных аппаратах с газами или перегретыми парами при повышении температуры определяют по формуле:

$$P_к = P_н \frac{T_к}{T_н} Z$$

где $P_н$ - начальное давление в аппарате, Па;
$T_н$, $T_к$ - соответственно начальная и конечная температура газа, К;
Z - коэффициент сжимаемости газа.

Конечное давление в аппаратах с насыщенными парами жидкостей и наличием жидкой фазы (при изменении температуры) определяют из выражения:

$$P_к = P_s = f(T_к)$$

где P_s - давление насыщенного пара при температуре $T_к$, Па.

Приращение давления (при повышении температуры) в герметичном аппарате или участке трубопровода, полностью заполненном жидкостью, определяется по формуле:

$$\Delta P = \frac{\beta}{\beta_{сж}} \Delta T$$

где β - коэффициент объемного расширения жидкости;
$\beta_{сж}$ - коэффициент объемного сжатия жидкости;
$\Delta T = T_к - T_н$ - изменение температуры в аппарате, К.

Допустимую степень заполнения емкостных аппаратов с жидкостью рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon = 1 - \beta \Delta T_{макс}$$

где ε - степень заполнения аппарата;
β - коэффициент объемного расширения жидкости.
$\Delta T_{макс} = T_{макс} - T_{мин}$ - предельный ожидаемый перепад температур, который может наблюдаться при эксплуатации аппарата, К.

- **установить, может ли быть явление, приводящее к нарушению нормального процесса конденсации паров:** уменьшение или прекращение подачи охлаждающей среды, загрязнение теплообменной поверхности.

Если это явление может иметь место, пояснить его и определить величину приращения давления (см. [2], с. 41).

Конечное давление в аппарате определяется из выражения:

$$P_к = P_р + \Delta P$$

где $P_р$ - рабочее давление в аппарате, Па;
ΔP - приращение давления в системе, Па.

Приращение давления ΔP в аппаратах при нарушении нормального процесса конденсации паров определяют по формуле:

$$\Delta P = \frac{a G_n \tau}{100 V_{св} \rho_t} P_0$$

где а - степень неполноты конденсации паров, %;
G_n - производительность аппарата по пару, кг/с;
τ - продолжительность процесса нарушения конденсации паров, с;
$P_0 = 1 \times 10^5$ Па - давление окружающей среды;
$V_{св}$ - свободный объем системы, $м^3$;
ρ_t - плотность паров жидкости при температуре и давлении в аппарате.

- установить, могут ли быть причины, приводящие к попаданию в высоконагретые аппараты легкокипящих жидкостей.

Если это возможно, объяснить и подтвердить расчетом, к каким последствиям может привести (см. [1], с. 48).

Приращение давления в высокотемпературных аппаратах при попадании в них и быстром вскипании низкокипящих жидкостей определяют по формуле:

$$\Delta P = 0{,}082 P_{o} \frac{m T_{р}}{M V_{св}},$$

где m - количество низкокипящей жидкости, попавшей и испарившейся в аппарате, кг;
$T_р$ - рабочая температура в аппарате, К;
M - молекулярная масса жидкости, попавшей в аппарат, кг/кмоль.

При возможности образования повышенного давления в аппарате проверить, защищён ли он предохранительным клапаном. Если клапана нет, определить необходимую площадь его сечения (см. [1], с. 50).

$$G_к = 1{,}41 \alpha F B \sqrt{(P_{сри} - P_{си}) \rho_t}$$

где $G_к$ - максимальная пропускная способность предохранительного клапана, кг/с;
α- коэффициент расхода среды через клапан (составляет 0,06 - 0,17 и приводится в паспорте клапана);
F - площадь проходного сечения клапана, $м^2$;
B - коэффициент расширения паров или газов при их истечении через отверстия, для жидкостей B= 1;
$P_{ср,и}$ - избыточное давление срабатывания предохранительного клапана, Па; ($P_{ср,и} = P_{ср} - 1{\times}10^5$) ;
$P_{с,и}$ - избыточное давление среды, в которую сбрасываются пары и газы, Па;
При сбросе паров или газов в атмосферу непосредственно с клапана ($P_{с,и} = 0$).
ρ_t - плотность среды в аппарате при срабатывании предохранительного клапана ($P_{ср}$) и рабочей температуре, $кг/м^3$.

Давление срабатывания предохранительного клапана зависит от рабочего давления в аппарате и определяется следующим образом:

Рабочее (избыточное) давление, $P_{р,и}$; $P_{р,и} = P_р$ - 0,1 МПа	Давление срабатывания (избыточное), $P_{ср,и}$
Менее 0,3 МПа	$P_{р,и}$ + 0,05 МПа
0,3 МПа ≤ $P_{р,и}$ < 6 МПа	1,15 $P_{р,и}$
6 МПа и более	1,1 $P_{р,и}$

2. Образование динамических воздействий в аппаратах

При исследовании возможности образования динамических воздействий в аппаратах необходимо выяснить:

- могут ли быть гидравлические удары и из-за каких причин.

Если гидравлические удары специфичны, следует определить приращение давления в системе (см. [1], с. 49):

Приращение давления в трубопроводе при гидравлическом ударе определяют по формуле Н.Е. Жуковского:

$$\Delta P = c \Delta \omega \rho_t,$$

где с – скорость распространения ударной волны:

$$c = \sqrt{\frac{1}{p_t \beta_{сж}}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{d}{Es\beta_{сж}}}},$$

где ρ_t *- плотность жидкости при рабочей температуре, кг/м*^{3} *; d - внутренний диаметр трубы, м;*
E – модуль упругости материала трубы, Па; s – толщина стенки трубы, м;
$\Delta\omega$ *- уменьшение скорости движения жидкости в трубопроводе, м/с.*

$$\Delta\omega = \omega_{нач.} - \omega_{кон.},$$

где $\omega_{нач}$ - начальная скорость движения продукта в трубопроводе, м/с;
$\omega_{кон}$- конечная скорость движения продукта в трубопровод, м (часто $\omega_{кон}$ =0).

- могут ли быть опасные вибрации.

3. Образование температурных напряжений или уменьшение прочностных свойств материала стенок аппарата

При исследовании возможности образования температурных напряжений или уменьшения прочностных свойств материала стенок аппаратов следует установить:

-есть ли в аппаратах жестко соединенные конструкции (например, кожухо-трубчатые теплообменники длиной более 2 м, жестко закреплённые трубопроводы и т. п.);

-есть ли толстостенные аппараты;

-могут ли на материал стенок аппаратов (в данном случае) действовать высокие температуры (например, температура пламени печей). Если такая угроза имеется, определить расчетом температуру стенки аппарата в месте возможного прогара;

-представляет ли опасность действие низких температур (минус 30 градусов и ниже) на аппараты, размещённые на открытых площадках. Если аппараты выполнены из материала Ст.3 кипящих мартеновских плавок и не имеют теплоизоляции, предложить соответствующую защиту. Указанные вопросы изложены на с. 53-58 [1].

Температурные напряжения в стальном трубопроводе определяются по формуле:

$$\sigma_t = \alpha E \Delta t$$

где σ_t *- температурные напряжения, кг/см*^{2}*;*
α *- коэффициент линейного расширения,* $°C^{-1}$ *(для стальных труб* $\alpha_t = 1{,}2\times10^{-5}°C^{-1}$*);*
E - модуль упругости материала, кг/см^2*(для стальных труб* $E = 2{,}1\times10^6$*).*
Δt *- изменение температуры,* $°C$*;*

Температурные напряжения в стенках толстостенных аппаратов (у которых отношение наружного диаметра аппарата к внутреннему ($\beta = D_н/D_в > 1{,}5$) рассчитываются по формулам:

а) на внутренней поверхности

$$\sigma_t^{в} \frac{\alpha E(t_н - t_в)}{2(1-\mu)} \left(\frac{2\beta^2}{\beta^2 - 1} - \frac{1}{\ln\beta}\right)$$

б) на наружной поверхности

$$\sigma_t^{н} \frac{\alpha E(t_н - t_в)}{2(1-\mu)}\left(\frac{2\beta^2}{\beta^2-1} - \frac{1}{\ln\beta}\right)$$

где $t_{н,в}$ - температура соответственно на наружной и внутренней поверхности (°С);
μ - *коэффициент Пуассона (для сталей μ = 0,25 - 0,33; для меди μ = 0,31 - 0,34; для чугуна μ = 0,23 - 0,27; для алюминия μ = 0,32 - 0,36).*

Полученный при вычислении знак указывает на характер напряжения: знак плюс соответствует растяжению, знак минус - сжатию.

При $\sigma_t^{н,в} > [\sigma]$ возникает опасность повреждения аппарата.

4. Причины, приводящие к химическому износу материала (коррозии)

При исследовании причин, приводящих к химическому износу материала, следует установить:

-обладает ли коррозионными свойствами продукт, находящийся в аппарате;

-имеет ли продукт коррозионные примеси: сернистые соединения, хлористые соли, кислоты и др.;

-может ли продукт, взаимодействуя с водой, разлагаться с образованием слабых кислот.

По всем выявленным характерным причинам повреждений следует проверить наличие средств защиты и при необходимости предложить дополнительные.

Исходя из основных закономерностей коррозионных процессов, используют следующие направления борьбы с ней:

- *применение коррозионноустойчивых металлов;*

- *изоляция металлов от агрессивной среды защитными покрытиями;*

- *уменьшение коррозионной активности среды;*

- *использование неметаллических химически стойких материалов;*

- *катодная и протекторная защита.*

3.6. Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания

При выяснении возможности появления технологических источников следует:

-установить, есть ли на данном производстве аппараты, работа которых связана с использованием открытого огня, например, трубчатые печи, огневые реакторы и т.п. Рассмотреть, как они расположены по отношению к соседним аппаратам, предусмотрены ли меры, исключающие контакт горючих веществ с факелами пламени при авариях на установке. При отсутствии защиты предложить компенсирующие мероприятия;

-установить, есть ли опасно нагретые поверхности аппаратов, т.е. поверхности, температура которых превышает 80% температуры самовоспламенения веществ, обращающихся в производстве;

-установить, может ли иметь место опасное тепловое проявление химических реакций;

-установить наличие в аппаратах веществ, нагретых до температуры, превышающей температуру их самовоспламенения;

-установить наличие веществ или отложений на стенках, способных самовозгораться при соприкосновении с воздухом, а также способных воспламеняться при взаимоконтакте, контакте с воздухом или при соприкосновении с водой;

-установить возможность появления источника зажигания от теплового проявления электрической энергии;

-выявить возможность образования источников зажигания от теплового проявления механической энергии: при наличии насосов - перегревы подшипников (температуру нагрева подшипника можно определить по формуле (5.14) [1]

Подшипники перегруженных и скоростных валов машин при различных нарушениях режима работы (отсутствие смазки, охлаждения, загрязнения трущихся поверхностей, перекосы, перегрузки и т.п.) перегреваются до опасных температур.

Температуру подшипника при работе с перегрузкой и недостаточном охлаждении определяют по формуле:

$$T_n = T_в + \frac{Q_{тр}}{\alpha F}$$

где T_n - максимальная температура подшипника, К;
$T_В$ - температура окружающей среды (воздуха), К;
$Q_{тр}$ - мощность сил трения при работе подшипника, Вт;
α - коэффициент теплообмена между поверхностью подшипника и средой, Вт/(м^{2}К);
F - поверхность корпуса подшипника, м^2.

Величину $Q_{тр}$ определяют по формулам:

$$Q_{тр} = \frac{fNd\omega}{2}, \text{ или } Q_{тр} \frac{\pi fNdn}{60},$$

где f - коэффициент трения
N - радиальная сила, действующая на подшипник, Н;
d - диаметр шейки вала, м;
ω - угловая скорость, рад/с.;
n - число оборотов вала, об/мин;

Материал трущихся тел	Коэффициент трения движения (*f*)	
	насухо	со смазкой
Сталь - сталь	0,15	0,05 - 0,1
Сталь - чугун	0,18	0,05 - 0,15
Сталь - бронза	0,15	0,1 - 0,15
Чугун - чугун	0,15	0,07 - 0,12
Чугун - бронза	0,15 - 0,2	0,07 - 0,15
Бронза - бронза	0,2	0,07 - 0,1
Резина - чугун	0,8	0,5

В случае, если температура подшипника больше температуры самовоспламенения обращаемых в производстве веществ $T_п > T_{св}$, возможно воспламенение горючей среды.

-при наличии компрессоров - не только перегрев подшипников, но и перегрев газа от теплоты адиабатического сжатия (температуру газа можно определить расчетом):

Процесс сжатия газа в компрессоре сопровождается выделением тепла. Определить конечную температуру газа после завершения процесса сжатия можно по формуле:

$$T_к = T_н(\frac{P_к}{P_н})^{\frac{n-1}{n}}$$

где $T_{н,к}$ - начальная и конечная температура газа, К;
$P_{н,к}$ - начальное и конечное давление, Па;
n - показатель политропы; n = (0,7 - 0,9) К, где К - показатель адиабаты.

Вещество	t, °С	К	Вещество	t, °С	К
Аммиак	15	1,31	Воздух	0	1,403
	100	1,28		100	1,399
	300	1,32		1000	1,365
Ацетилен	15	1,26		1800	1,316
Бензол	100	1,1	Метан	15	1,31
Водяной пар	100	1,324	Окись углерода	15	1,404
	200	1,31	Окись углерода	300	1,379
	300	1,304	Сероводород	15	1,32
	400	1,304		300	1,28
	500	1,296	Этанол	90	1,13
Водород	-20	1,42	Уксусная кислота	135	1,15
	15	1,41	Этан	15	1,22
	200	1,398		50	1,21
	800	1,376	Этилен	15	1,255
Метанол	77	1,203		100	1,18
	100	1,26			

-при наличии конвейеров, аппаратов с мешалками, при использовании скребковых инструментов для очистки поверхности, при открывании люков (световых и замерных) на аппаратах - искры от механических ударов и т.п.;

-установить возможность появления источников зажигания от теплового проявления электрической энергии: при наличии перемещения диэлектриков - разряды статического электричества;

-при наличии массивных и высоких аппаратов на открытых площадках (резервуары, этажерки, колонны и т.п.) – разряды атмосферного электричества.

3.7. Возможные пути распространения пожара

При рассмотрении данного вопроса следует указать, какие масштабы может принять возникший пожар, как быстро он может распространиться, какую опасность представляет для аппаратов, зданий и сооружений, каковы могут быть последствия. После такой общей характеристики следует установить:

-какое количество горючих веществ может находиться одновременно на установке; какова пожарная нагрузка, возможная длительность и температура пожара.

-имеется ли возможность уменьшения количества горючих веществ при аварии или пожаре, установить наличие аварийных сливов и аварийного стравливания горючих газов и т.п.;

-возможно ли растекание горючих жидкостей (в случае аварии или пожара) по территории или помещению. Какие меры предусмотрены для ограничения свободного растекания жидкостей;

-возможно ли образование на данной производственной территории газового облака (при аварии аппаратов), каковы пути его распространения, какие меры необходимо принять для снижения этой опасности;

-имеются ли на данном производстве такие коммуникации, по которым может распространяться огонь при пожаре; дыхательные линии; линии паровоздушных смесей; линии с горючими жидкостями, работающие неполным сечением или периодического действия; воздуховоды вентиляции с наличием горючих отложений на внутренней поверхности и т.п..

При отсутствии соответствующей защиты по указанным выше направлениям предложить ее.

Если имеются ”дышащие” аппараты, необходимо произвести расчет гравийного огнепреградителя (определить диаметр зерна гравия и высоту слоя огнетушащей насадки) для защиты дыхательной и другой линии, которая требует защиты.

Критический диаметр огнепреградителя определяется по формуле:

$$d_{кр}\,\frac{Pe_{кр}\lambda RT_p}{u_н c_p p_p},$$

где $d_{кр}$ - критический диаметр канала огнепреградителя, м;
$Pe_{кр}$ - критическое значение числа Пекле на пределе гашения пламени (принимают $Pe_{кр}$= 65);
T_p, P_p - начальная (рабочая) температура (К) и давление (Па) горючей смеси;
λ - коэффициент теплопроводности горючей смеси, Вт/м К;
R – универсальная газовая постоянная для смеси газов и паров, Па/(кг×К);
u_H – нормальная скорость распространения пламени, м/с,
c_P – удельная теплоемкость горючей смеси при постоянном давлении, Дж/(кг×К)

Коэффициент теплопроводности λ для двухкомпонентной парогазовоздушной смеси определяют по формуле:

$$\lambda = \varphi_г\lambda_г + (1- \varphi_г)\,\lambda_в$$

где $\lambda_г$, $\lambda_в$ - коэффициенты теплопроводности компонентов горючей смеси, Вт/(м×К).
$\varphi_г$ - объемная доля горючего в стехиометрической смеси, определяется из уравнения сгорания вещества в воздухе;

$$\varphi_{г} = \frac{1}{\sum_{1}^{n} n_i},$$

где n - количество молей веществ, вступивших в реакцию горения.

Коэффициент теплопроводности λ для многокомпонентной парогазовоздушной смеси определяют по формуле:

$$\lambda = \frac{\sum_{1}^{n} \varphi_i \lambda_i \sqrt[3]{M_i}}{\sum_{1}^{n} \varphi_i \sqrt[3]{M_i}}$$

где φ_i, λ_i, M_i, - соответственно мольная доля, коэффициент теплопроводности и молекулярная масса i–го компонента газовой смеси.

Удельная теплоемкость горючей смеси при постоянном давлении находим из выражения:

$$c_P = \varphi_г c_{гг} + (1 - \varphi_г) c_{гв}$$

где $c_{гг}$ – теплоемкость горючих газов или паров
$c_{гв}$ – теплоемкость воздуха

Универсальная газовая постоянная для смеси газов и паров;

$$R = \frac{8314{,}31}{\varphi_г M_г + (1 - \varphi_г) M_г}$$

Для обеспечения надежности гашения пламени фактический диаметр $d_ф$ каналов огнепреградителя должен быть меньше критического, т.е.:

$$d_ф \frac{d_{г\,р}}{K_н}$$

где $K_н$ - коэффициент запаса надежности, $K_н \geq 2$.

При расчете насадочных огнепреградителей насадки и диаметр гранул принимают $d_{гр} = 3 \div 4\ d_ф$.

-установить, в какие помещения и аппараты следует оборудовать стационарными системами пожаротушения. Проверить, имеются ли они на данном производстве. При необходимости защиты аппаратов или помещений стационарными системами пожаротушения предложить их.

3.8. Расчет категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности

Определение категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с НПБ 105-03 [5] следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещений к категориям, приведенным в табл. 1 [5]-от высшей (А) к низшей (Д). В качестве расчетного критерия взрывопожарной опасности следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии, исходя из проведённого анализа пожарной опасности технологического процесса, в соответствии с вариантом задания на курсовую работу.

Количество поступивших в помещение веществ определяется, исходя из следующих предпосылок:

а). происходит расчетная авария аппарата, содержащего наибольшее количество самого пожаровзрывоопасного вещества;

б). всё содержимое аппарата поступает в помещение;

в). происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат в течение расчетного времени.

Расчетное время определяется из НПБ 105-03 [5], исходя из того, что при наличии автоматической системы отключения оно не обеспечено резервированием её элементов, а при отсутствии автоматической системы отключения задвижек производится ручным способом.

Критерием оценки взрывопожарной и пожарной опасности помещения является избыточное давление взрыва, которое определяется для индивидуальных веществ (бензол, ацетон, метиловый спирт и т. п.) по формуле (1) НПБ 105-03 [5], а для смесей (нефть, керосин, бензин, дизельное топливо и т. п.), а также для индивидуальных веществ, кроме упомянутых в п. 10 [5], по формуле (4) НПБ 105-03 [5].

Наличие аварийной вентиляции учитывается в соответствии с п.12, масса газа, поступившего в помещение, определяется по п. 13, масса паров жидкости – по п. 14 НПБ 105-03 [5]. В расчетах интенсивности испарения следует учесть рекомендации п. 16 [5].

Слушателям очного отделения допускается выполнять расчёт на ЭВМ. При этом к пояснительной записке следует прикладывать распечатку расчёта. При возможности слушатели ФЗО также могут использовать расчёты на ЭВМ.

3.9. Разработка пожарно-технической карты

После анализа пожарной опасности, разработки пожарно-профилактических мероприятий, определения категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности следует разработать пожарно-техническую карту, которая выполняется в виде чертежа в соответствии с требованиями ЕСКД на стандартном листе чертежной бумаги (формат А1). Пожарно-техническая карта включает принципиальную технологическую схему производства, схему размещения оборудования и материалов, факторы пожарной опасности и мероприятий по защите. Составные части карты (*рис.1*) целесообразно разместить следующим образом: принципиальная технологическая схема, схема размещения оборудования

и материалов, а при необходимости и разрез здания – на площади 2/3 основного формата. На оставшейся 1/3 части формата целесообразно дать характеристику пожарной опасности и меры пожарной защиты (с полями связки), спецификацию и штамп.

При разработке принципиальной технологической схемы следует руководствоваться рекомендациями (см. [1] с. 318).

На плане размещения оборудования следует указать: основные размеры помещения, расстояние между аппаратами и до стен технологического оборудования, вероятное место наиболее опасной аварии.

Факторы пожарной опасности процесса отражают:

-пожаровзрывоопасные свойства веществ;

-возможность возникновения пожара (место, причины);

-возможные пути распространения пожара;

-опасность для жизни людей;

-опасность для материальных ценностей;

-характеристики общей опасности (категории);

-наиболее опасные участки.

В таблице факторов пожарной опасности и мероприятий по защите указываются: в графе 1 (поле связки) номер аппарата, где имеется тот или иной вид опасности, соответствующей графе 2; в графе 2 кратко излагаются наиболее характерные виды пожарной опасности в соответствии с выполненным анализом пожарной опасности в разделах 3.1-3.8 настоящих методических рекомендаций для самостоятельной работы; в графе 3 (поле связки для мер пожарной защиты) указываются номера аппаратов, на которых предусмотрена защита в соответствии с перечнем мер защиты, разработанных в курсовой работе и приведенных в графе 4. Меры пожарной защиты целесообразно приводить в соответствии с порядком изложения пожарной опасности, т. е. если в графе 2 приводится вид опасности, то в графе 4 следует указать меры защиты, предлагаемые в курсовой работе или имеющиеся в описании технологического процесса производства.

Рекомендации по разработке пожарно-технической карты более подробно изложены в работе [1], с. 333-336.

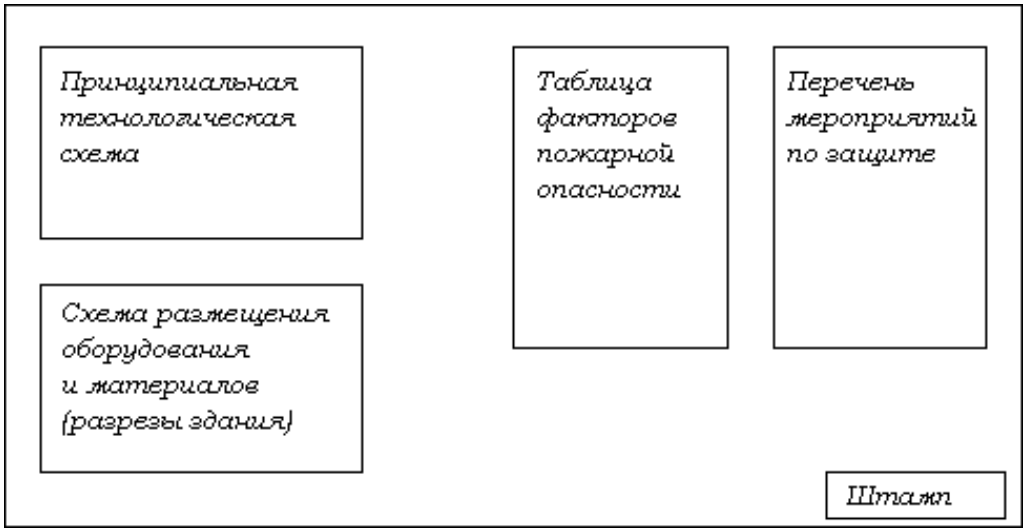


Рис. 1. Размещение частей пожарно – технической карты на чертёжном листе

4. Технологические процессы для курсового проектирования

4.1. Производство полиэтилена методом низкого давления (номера зачетных книжек от 00 до 19)

Полиэтилен и полипропилен получают путем полимеризации соответственно этилена и пропилена методом низкого давления с использованием в качестве катализатора слабого раствора триэтилалюминия в бензине и циклогексане. В результате полимеризации получается механическая смесь (суспензия) мелких частичек полимера с растворителем, так как полиэтилен и полипропилен в бензине и циклогексане не растворяются. Полученные полимеры в дальнейшем освобождаются от растворителя путем фильтрации, промываются метиловым спиртом и высушиваются. Готовая продукция в виде мелкого порошка насыпается в мешки или предварительно формуется в гранулы, а затем насыпается в мешки. В данной работе рассматривается только процесс полимеризации. Процессы дальнейшей обработки получаемой суспензии не рассматриваются. Технологические процессы полимеризации как этилена, так и пропилена принципиально не отличаются. Поэтому ниже приведена схема (*рис. 2*) и дано описание технологического регламента, общего для полимеризации этилена и полипропилена.

Процесс приготовления катализаторного комплекса

Процесс полимеризации, как было сказано выше, осуществляется в среде слабого раствора катализатора – триэтилалюминия. Кроме катализатора используют также слабый раствор сокатализатора – четыреххлористый титан. В качестве растворителя используют смесь бензина и циклогексана в соотношении 2:1 (по объему).

Чтобы реакция полимеризации шла нормально и получаемый полимер удовлетворял необходимым требованиям, концентрация катализатора и сокатализатора должна быть в пределах 0,2-0,3%, а в цех полимеризации эти вещества поступают, имея концентрацию 5%, следовательно, их надо дополнительно разбавлять.

В соответствии с технологической схемой, 5%-ный раствор триэтилалюминия и четыреххлористого титана поступает в мерники 2 и 5 цеха полимеризации и из них – в смеситель-разбавитель 1. В смеситель подается необходимое количество бензина по линии 3 и циклогексана по линии 4. Смеситель-растворитель имеет мешалку и рубашку для подогрева до 50%. Размеры аппаратов и режимы их работы приведены в табл. 1. Готовый катализаторный комплекс насосом 25 закачивается в полимеризатор 3.

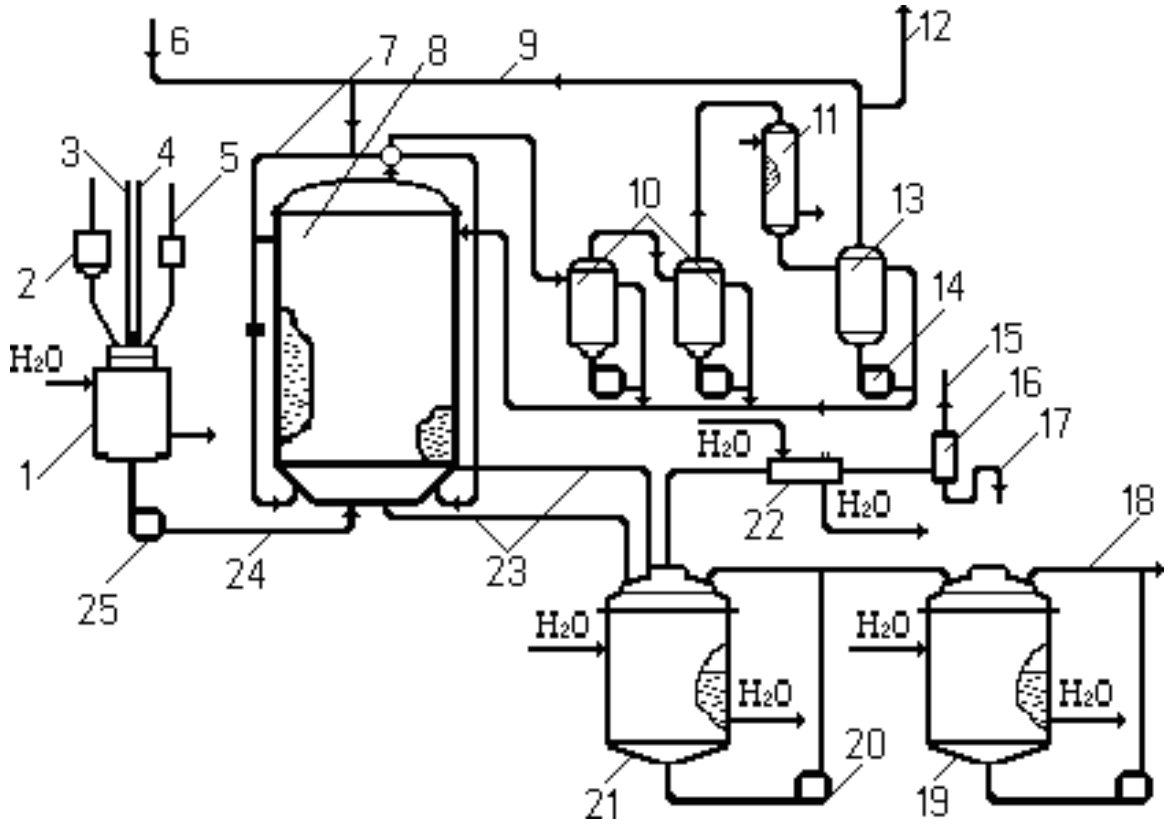


Рис.2. Производство полиэтилена и полипропилена методом низкого давления:
а – принципиальная технологическая схема;

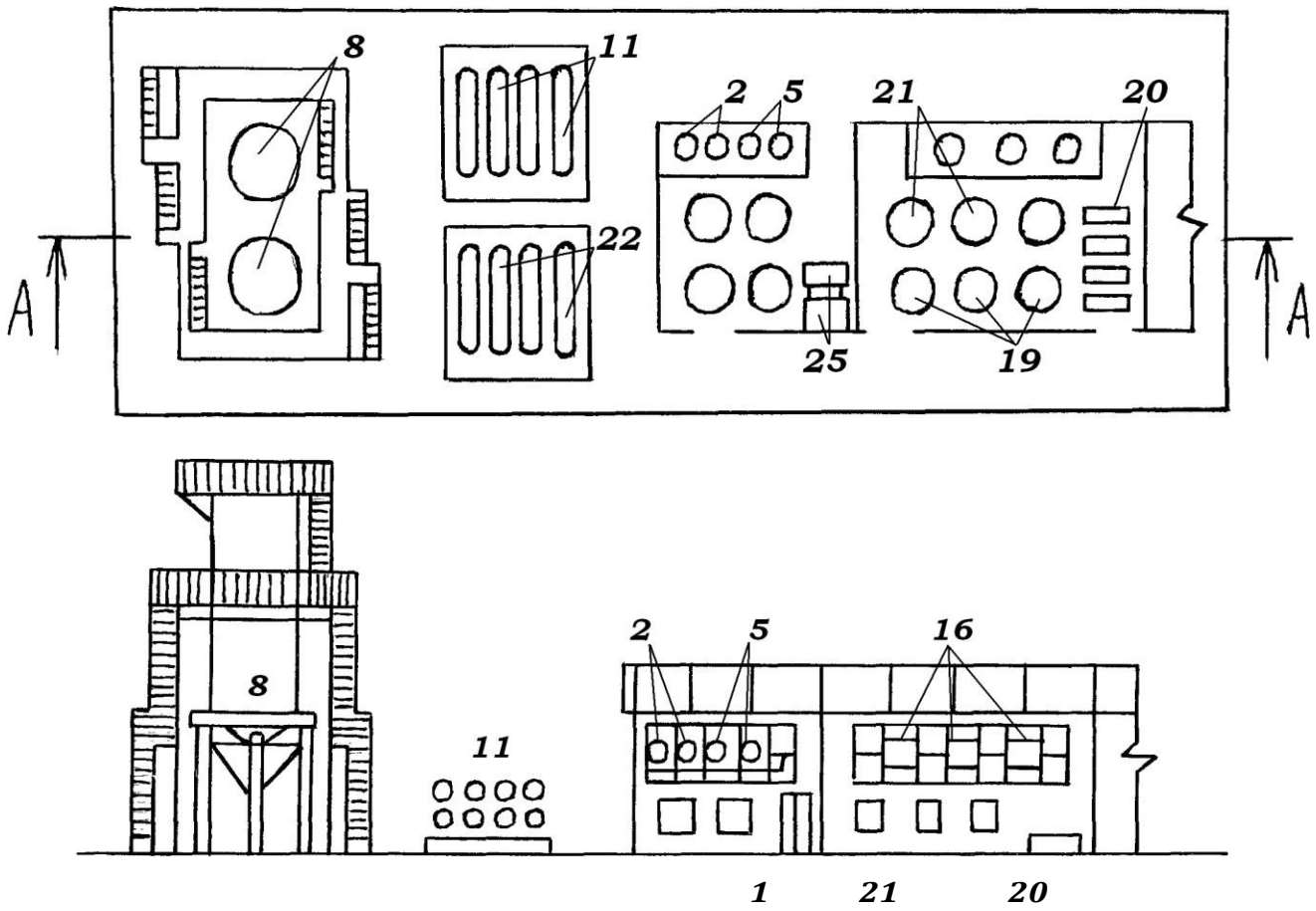


Рис. 2. Производство полиэтилена и полипропилена методом низкого давления:
б – план и разрез цеха

Процесс полимеризации.

Полимеризация этилена и пропилена осуществляется в вертикальном цилиндрическом аппарате. Готовый катализаторный комплекс подают по линии 24 в нижнюю часть полимеризатора, заполняют его и поддерживают все время постоянный уровень жидкости. Газ (этилен, пропилен) подают также в нижнюю часть полимеризатора по линии 7. Проходя через раствор катализатора, часть газа полимеризуется, образуя мелкие твердые частички полимера, которые стремятся оседать вниз. Реакция полимеризации сопровождается выделением тепла, избыток которого отводят за счет охлаждения циркулирующего (не вступившего в реакцию) газа. Не вступивший в реакцию газ, нагретый и насыщенный парами растворителя, отводится из верхней части полимеризатора в циркуляционную сеть, состоящую из циклонных отделителей 10, холодильника-конденсатора 11, сепаратора 13 и насосов 14.

В циклонных отделителях 10 от газа отделяются капли растворителей и частички полимера. Растворитель, содержащий полимер, из нижней части отделителей-сепараторов 13 насосами 14 подается снова в полимеризатор. В холодильнике-конденсаторе 11 газ и пары растворителя охлаждаются водой до 40ºС. При этом пары растворителей конденсируются. Далее охлажденный газ в смеси с конденсатом проходит циклонный сепаратор 13, освобождается от жидкости и по линии 9 подается на смешение со свежим газом, поступившим в цех по линии 6. Смесь свежего и охлаждённого циркулирующего по линии 7 (как было сказано выше) газа подаётся в полимеризатор. Таким образом, температура в полимеризаторе регулируется изменением количества и температуры циркулирующего газа.

Образующийся в полимеризаторе 8 полимер в виде взвеси твердых частиц в растворителе (в соотношении 1:10) отводится из нижней части аппарата по линиям 23 в сборник 21. Здесь происходит выделение из жидкости растворенного в ней газа за счет снижения давления в сборнике. Выделившийся этилен для улавливания из него растворителя проходит водяной холодильник 22. Смесь газа и растворителя их холодильника поступает на разделение в сепаратор 16. Газ из сепаратора по линии 15 подается в цех очистки, а жидкая фаза по линии 17 поступает в сборники растворителя. Суспензия, освобожденная от газа, из сборника 21 насосом 20 подается в конечный сборник 19 и из него по линии 18 поступает на дальнейшую обработку. Данные об аппаратах, необходимые для выполнения курсовой работы, приведены в табл. 1, 2, 3.

План размещения оборудования цеха и его разрез показаны на рис. 2б. Размеры помещений приведены в табл. 2 и 3.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 00 до 09, после краткого изложения сущности технологического процесса полимеризации этилена должны дать анализ пожарной опасности аппаратов и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности помещения мерников и разбавителей катализаторного комплекса. Данные о помещении мерников и разбавителей также приведены в табл. 2.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 10 до 19, после краткого изложения сущности технологического процесса полимеризации пропилена должны дать анализ пожарной опасности аппаратов и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности помещения конечных сборников суспензии. Данные о помещении конечных сборников суспензии также приведены в табл. 3. Пожарная профилактика и сущность процессов полимеризации рассмотрены в учебнике [1], с. 303- 308.

Таблица 1

Основные характеристики оборудования

Позиция на рис.2	Наименование аппаратов	Режим работы		Размеры	
		P, МПа	t, °C	d или l, м	h, м
1	Смеситель-разбавитель[1]	0,12	40	1,0	1,5
2	Мерник 5% триэтилалюминия	0,12	20	0,5	1,0
3	Линия подачи бензина	0,15	20	0,05	-
4	Линия подачи циклогексана	0,15	20	0,05	-
5	Мерник 5%	0,12	20	0,5	1,0
6	Линия свежего этилена	0,30	20	75,0	-
7	Линия подачи этилена в полимеризатор	0,30	15	0,1	-
8	Полимеризатор[1,2]	0,25	80	3	6
9	Линия циркуляционного газа	0,30	15	75,0	-
10	Циклонные отделители	0,30	80	1,0	1,5
11	Холодильник-конденсатор[1]	0,30	15	1,0	3,5
12	Линия отвода избыточного газа				
13	Сепаратор	0,30	15	1,0	1,5
14	Насосы циркуляционные	-	-	-	-
15	Линия отвода газа на отчистку	0,11	20	50,0	-
16	Сепаратор	0,11	20	0,7	1,5
17	Линия отвода растворителя	0,10	20	25,0	-
18	Линия подачи суспензии	0,15	70	0,1	-
19	Конечный сборник суспензии[2]	0,12	70	2,0	2,5
20	Насос суспензионный[2]	0,20	60	0,003	-
21	Сборник суспензии	0,25	80	2,0	2,5
22	Холодильник-конденсатор	0,15	20	0,75	2,0
23	Линия отвода суспензии	0,25	80	0,1	-
24	Линия подачи катализаторного комплекса	0,30	40	0,05	-
25	Насос подачи катализатора	0,30	40	-	-

Примечания. 1. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 00 до 09, должны брать данные по этим аппаратам в табл. 2.

2. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 10 до 19, должны брать данные по этим аппаратам в табл. 3.

Таблица 2

Позиция на рис.2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1	Смеситель-разбавитель (циклогексан+катализаторный комплекс)										
	Диаметр, м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,4	1,1
	Высота, м	1,8	2	2	2,2	2,2	2	2	1,8	2,2	2,4
	Температура, ºС	31	30	33	34	36	35	36	30	32	42
	Давление, МПа	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,14	0,12	0,14	0,16
	Защита дыхательной линии	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
	Наличие аварийного слива	нет	нет	нет	есть	есть	есть	нет	нет	есть	есть
	Диаметр линии растворителя, мм	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
8	Полимеризатор этилена										
	Диаметр, м	2,2	2,4	2,5	2,6	3,2	3,0	2,3	2,7	2,6	2,5
	Высота, м	5,3	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0
	Степень заполнения	0,65	0,65	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7
	Давление, МПа	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,40	0,38	0,36
	Температура, ºС	70	73	80	80	80	72	72	82	75	75
	Контролируемые и регулируемые параметры	кон	кон	кон	кон	кон	кон	кон	кон	кон	кон
	Защита дыхательной линии	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
11	Кожухотрубчатый холодильник-конденсатор циркуляционного этилена										
	Диаметр, м	1,1	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1	1	1,2	1,2
	Длина, м	3,0	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,4	3,4	3,2	3
	Давление, МПа	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,4	0,38	0,36
	Температура, ºС	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15
	Хладоагент (рассол, вода)	рас	рас	рас	рас	рас	вода	вода	вода	вода	вода
	Температурный компенсатор	нет	нет	есть	есть	нет	нет	нет	нет	есть	есть
	Помещение разбавителей и мерников										
	Длина, м	30	32	34	36	38	40	38	36	34	32
	Ширина, м	12	12	12	8	8	8	8	8	12	12
	Высота, м	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6
	Кратность вентиляции, 1/ч	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7
	Скорость воздуха, м/с	0,4	0,5	0,6	1,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6
	Расстояние до задвижек, м	5	5	6	6	7	7	6	6	5	5
	Привод задвижек	авт	авт	руч	руч	руч	авт	авт	руч	руч	руч
	Средства тушения	пена	вода	пена	нет	нет	пена	вода	пена	пена	вода
	Ограничение растекания, % от площади пола	40	50	нет	нет	30	нет	нет	50	нет	40

Таблица 3

Позиция на рис.2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8	Полимеризатор пропилена										
	Диаметр, м	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2
	Высота, м	4	4,2	4,1	4,3	4,6	4,7	4,8	5,0	4,5	4,6
	Степень заполнения	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Давление, МПа	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44
	Температура, ºС	75	75	78	78	80	82	84	85	84	82
	Контролируемые и регулируемые параметры	конт	конт	рег	рег	конт	рег	рег	конт	конт	рег
	Защита дыхательной линии	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
19	Конечный сборник суспензии (бензин Б-70+полимер)										
	Диаметр, м	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2
	Высота, м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,7	2,8	2,5	2,6
	Давление, МПа	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12
	Температура, ºС	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
	Диаметр линии, мм	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Наличие аварийного слива	есть	есть	нет	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет
20	Насос суспензионный										
	Давление, МПа	0,2	0,2	0,22	0,22	0,24	0,24	0,26	0,26	0,28	0,28
	Температура, ºС	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
	Диаметр всасывающей линии, мм	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Диаметр нагнетательной линии	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Вид сальникового уплотнения	ТУ*	ТУ	ТУ	ТУ	СУ*	СУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	37	37	40	40	42	42	40	40	35	35
	Помещение сборников										
	Длина, м	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	Ширина, м	12	12	12	10	8	8	8	8	6	6
	Высота, м	8	8	8	8	6	6	6	6	8	8
	Кратность вентиляции, 1/ч	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8
	Скорость воздуха, м/с	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5
	Расстояние до задвижек, м	6	8	5	5	6	6	5	5	7	7
	Привод задвижек	руч	руч	руч	авт	авт	авт	руч	руч	авт	руч
	Средства тушения	нет	нет	нет	пена	пена	пена	пена	пена	пена	пена
	Ограничение растекания, % от площади пола	нет	нет	50	40	нет	60	нет	нет	30	нет

* ТУ- торцевое уплотнение
СУ- сальниковое уплотнение

4.2. Цех окраски изделий с краскоприготовительным отделением (номера зачетных книжек от 20 до 39)

Окрасочный цех автомобилестроительного и тракторостроительного заводов предназначен для окраски и сушки металлических деталей машин. Перед окраской поверхность окрашиваемых деталей очищают от ржавчины и обезжиривают. Необходимое количество лакокрасочного материала приготовливается в краскоприготовительном отделении цеха путем разбавления полуфабриката соответствующим растворителем.

Для окраски автомобильных деталей используется лакокрасочный материал, представляющий собой раствор нитроклетчатки и глифталевой смолы в ацетоне, а для окраски тракторных деталей используется раствор синтетической полиэфирной смолы в бензоле. Технологические процессы приготовления готового состава красок, а также процессы подготовки деталей, их окраска и сушка одинаковы как на автомобильном, так и на тракторном заводах. Поэтому ниже приведена схема (*рис. 3*) и дано описание технологического процесса, общего для цеха окраски автомобильных и тракторных деталей.

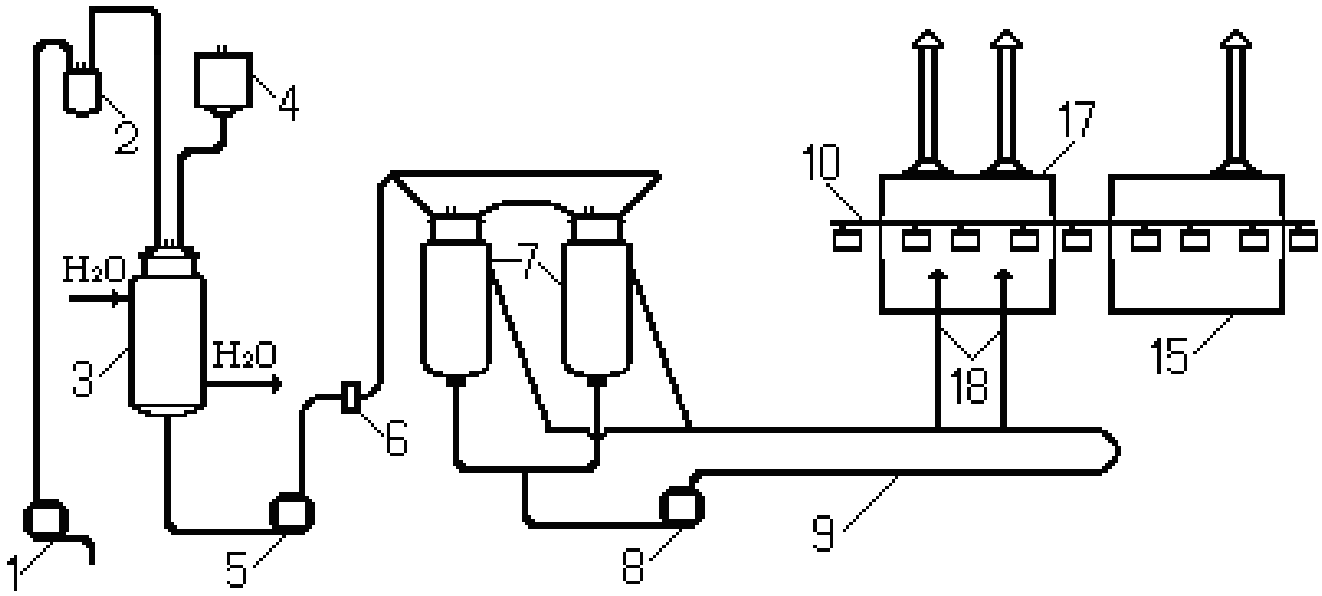


Рис. 3. Процесс окраски изделий:
а – принципиальная технологическая схема;

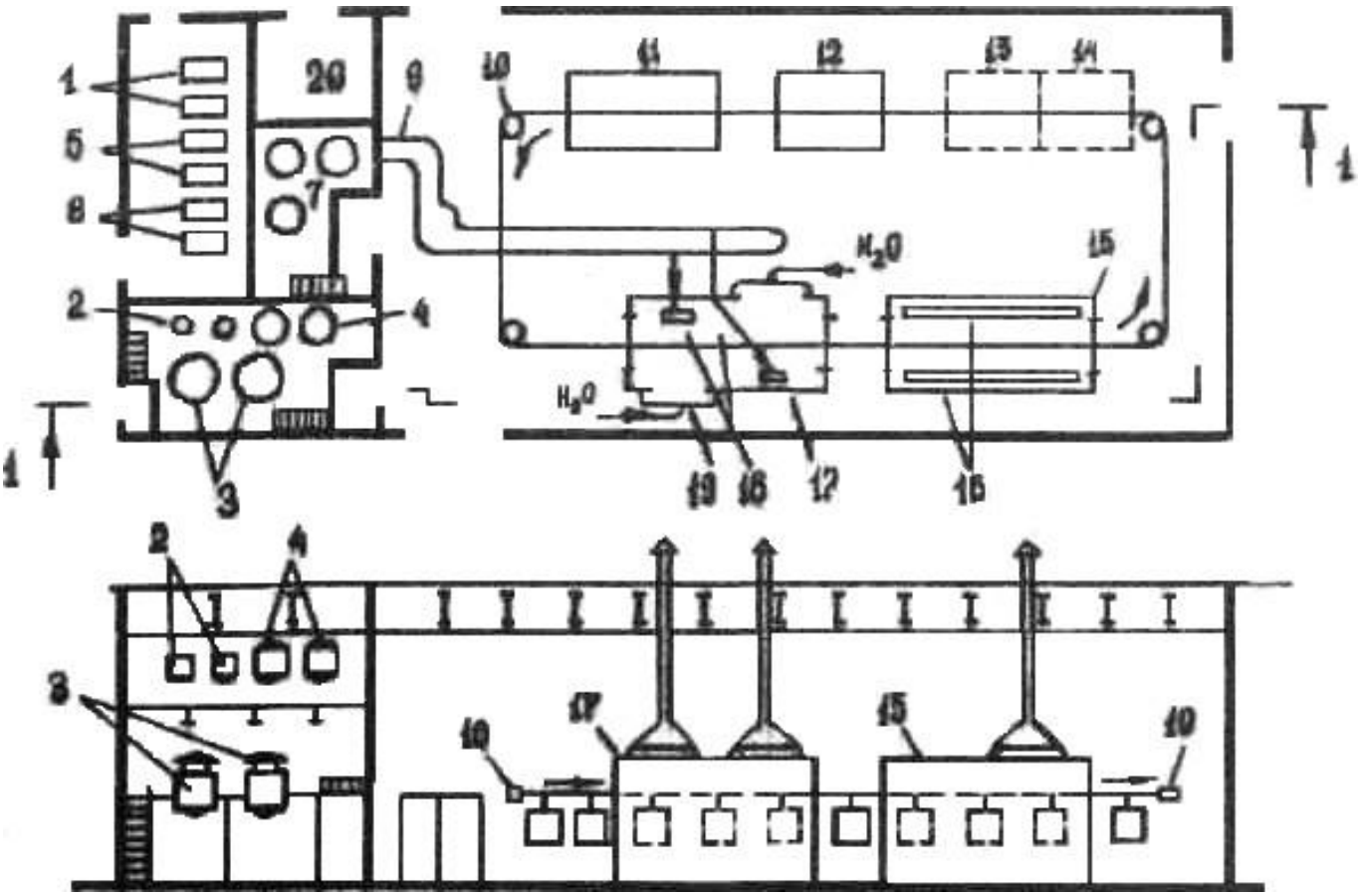


Рис. 3. Процесс окраски изделий:
б – план и разрез цеха

Процесс приготовления краски

В краскоприготовительном отделении цеха насосом 1 подаётся необходимое количество растворителя, которое отмеривается мерником 2 и сливается в лопастный аппарат-растворитель 3. Одновременно в растворитель 3 из бункера 4 подается полуфабрикат краски, состоящий из 70% смолы и 30% растворителя.

В аппарате 3 при непрерывной работе мешалки и при подогреве его горячей водой (до температуры 40ºС на автомобильном заводе до 60ºС на тракторном заводе) происходит растворение и разбавление полуфабриката до требуемого готового состава краски. В состав краски, потребной для цеха автомобильного и тракторного заводов, входит 20% смолы и 80% растворителя. Приготовленная краска из аппарата 3 забирается центробежным насосом 5, продавливается для очистки от твердых частичек через фильтр 6 и поступает в расходные емкости 7. Из емкостей 7 краска непрерывно циркулирует за счет насосов 8 по кольцевой линии 9 до окрасочной камеры 17 и обратно.

Процесс окраски и сушки деталей

Подлежащие окраске металлические детали поступают из соседних цехов на площадку 13 (*см. рис. 3б*) цеха окраски. Здесь детали навешивают на конвейер 10 и он доставляет их в камеру 12 для механической и химической очистки от грязи и ржавчины и для обезжиривания. Химическая очистка осуществляется слабыми водными растворами фосфорной кислоты и ПАВ (поверхностно-активных веществ). После очистки и промывки деталей водой конвейер доставляет их для сушки в камеры 11. Очищенные и высушенные детали поступают в окрасочную камеру 17 через открытые проемы в торцовых стенах. Камера имеет два рабочих места для окраски изделий пульверизатором. К каждому пульверизатору по гибкому рукаву 18 подводится краска от циркуляционного кольца 9, а по отдельному рукаву - сжатый воздух. Производительность пульверизатора, диаметр краскоподводящего шланга приведены в табл. 4 и 5. Окрасочная камера имеет вытяжную вентиляцию. Отсасываемый воздух при выходе из камеры очищается от частичек краски, проходя через гидрофильтр.

Размеры окрасочной камеры, производительность распылителей и все другие данные приведены в табл. 4 и 5. Стены окрасочной камеры очищаются от осевшей краски медными скребками раз в неделю, пол - после каждой рабочей смены. После окраски детали поступают на сушку в сушильную камеру 15. Сушильная камера терморадиационного типа с электро- и или газообогревательными закрытыми панелями 16. Максимальная температура обогреваемой поверхности панели в камере автомобильного завода 300ºС, в камере тракторного завода- 400ºС. Сушильная камера имеет вытяжную вентиляцию. Объем камеры и общая площадь одновременно высушиваемых деталей указаны в табл. 5.

При сушке окрашенной поверхности автомобильных деталей выделяются пары ацетона, при сушке тракторных деталей выделяются пары бензола. Высушенные детали конвейером подаются на разгрузочную площадку 14 и далее отвозятся тележками в сборочные цехи. Устройство и работа сушильной камеры описаны в гл. 15 учебника [1].

План размещения оборудования в окрасочном цехе и краскоприготовительном отделении и продольный разрез здания показаны на *рис. 3б*. Размеры помещений цеха приведены в табл. 5 и 6.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет 2 последние цифры от 20 до 29, после краткого изложения сущности технологического процесса окраски тракторных деталей должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 5) и определить расчётным путем категорию взрывопожаро-опасности помещения мерников и растворителей. Данные о помещении мерников приведены в табл. 5.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет 2 последние цифры от 30 до 39, после краткого изложения сущности технологического процесса окраски автомобильных деталей должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 6) и определить расчётным путем категорию взрыво-пожароопасности помещения цеха, где размещены окрасочные камеры. Данные о помещении окраски также приведены в табл. 6.

Таблица 4

Основные характеристики оборудования

Позиция на рис.3	Наименование аппаратов	Режим работы		Размеры	
		P, МПа	t, °C	d или l, м	h, м
1	Насос подачи растворителя [1]	0,25	20	-	-
2	Мерники растворителя [2]	-	20	1	2
3	Смесители-растворители [2]	0,15	60	1,5	2,5
4	Бункер полуфабриката	-	40	1	2
5	Насос подачи краски	0,3	60	-	-
6	Фильтр	-	-	-	-
7	Баки готовой краски	0,11	50	1,5	3
8	Насос циркуляционный [2]	0,6	40	-	-
9	Кольцевая линия	0,6	40	0,1	-
10	Конвейер	-	-	-	-
11	Сушилка подготовленных для окраски изделий	-	-	-	-
12	Камера очистки деталей	-	-	-	-
13	Загрузочная площадка	-	-	-	-
14	Разгрузочная площадка окрашенных изделий	-	-	-	-
15	Сушильная камера [1]	-	80	4x3	10
16	Теплоизлучающие панели	-	300	-	-
17	Окрасочная камера [2]	-	20	3x3	8
18	Резиновые шланги краски	0,4	40	0,2	10
19	Водяная завеса для улавливания частиц краски	-	-	-	-
20	Вентиляционная камера	-	-	-	-

Примечания. 1. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 20 до 29, должны брать данные по этим аппаратам в табл. 5.

2. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 30 до 39, должны брать данные по этим аппаратам в табл. 6.

Таблица 5

Позиция на рис.3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	Насос подачи растворителя-бензола центробежный										
	Давление, МПа	0,4	0,3	0,35	0,2	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,3
	Температура,°С	10	10	15	15	20	20	22	22	18	18
	Диаметр линии, мм	75	75	50	50	75	75	50	50	75	75
	Вид сальниковых уплотнений вала	СУ	ТУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	СУ	ТУ	СУ
	Производительность, $м^3$/мин	0,4	0,75	0,39	0,3	0,35	0,34	0,33	0,37	0,34	0,36
	Диаметр вала, мм	40	40	40	35	35	30	30	35	35	40
2	Мерники растворителя-бензола (степень заполнения 0,9)										
	Диаметр, м	1	1	0,8	0,8	1	1	0,8	0,8	1	1
	Высота, м	1,2	1,2	1,4	1,4	1	1	1,6	1,6	1,8	1,8
	Температура жидкости, °С	10	10	15	15	20	20	22	22	18	18
	Давление, МПа	0,101	0,101	0,102	0,102	0,101	0,101	0,102	0,102	0,101	0,102
	Диаметр линии, мм	75	75	50	50	50	50	50	75	75	75
	Защита дыхательных линий	ОП*	ОП	ДК*	ДК	ОП	ОП	ДК	ДК	ОП	ОП
	Регулирование уровня	Авт.	Авт.	Руч.	Руч.	Руч.	Авт.	Авт.	нет	нет	нет
	Аварийный слив	нет	нет	нет	нет	есть	есть	есть	нет	нет	нет
15	Сушильная камера радиационного типа (обогрев природным газом). Свободный объём 30%										
	Длина, м	10	8	10	12	14	16	14	12	10	12
	Ширина, м	4	4	4	4	6	6	6	4	4	4
	Высота, м	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3
	Температура поверхности излучения, °С	300	350	350	325	320	315	300	320	340	310
	Производительность, $м^3$/мин	750	800	800	700	700	800	750	750	700	800
	Количество испаряемого растворителя, г/$м^2$	12	10	11	14	15	13	13	14	12	12
	Кратность вентиляции, 1/ч	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2
	Средства тушения	нет	пена	нет	пар	пар	нет	нет	CO_2	CO_2	пар
	Помещение мерников										
	Ширина, м	16	20	18	22	26	28	16	22	32	34
	Длина, м	12	9	8	15	12	9	12	10	12	9
	Высота, м	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7
	Кратность вентиляции, 1/ч	4	4	6	6	8	8	8	8	6	6
	Скорость воздуха, м/с	0,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,4	0,5	0,4
	Расстояние до задвижек, м	8	10	8	7	7	7	6	6	8	7
	Привод задвижек	Руч.	Руч.	Авт.	Авт.	Руч.	Руч.	Авт.	Авт.	Руч.	Руч.
	Средства тушения	пена	пена	пена	пена	фреон	фреон	CO_2	CO_2	CO_2	нет

*ОП – огнепреградитель;

*ДК – Дыхательный клапан.

Таблица 6

Позиция на рис.3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
3	Смеситель-растворитель с мешалкой и водяным обогревом										
	Диаметр, м	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2
	Высота, м	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2
	Температура рабочая, ºС	50	55	60	65	70	65	60	55	50	60
	Давление, МПа	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12
	Защита дыхательной линии	ОП	ДК	ДК	ОП	ОП	ДК	ДК	ОП	ОП	ДК
8	Насос центробежный циркуляционный										
	Давление, МПа	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8
	Температура, ºС	50	55	60	65	70	65	60	55	50	60
	Диаметр линии, мм	75	75	50	50	50	50	50	75	75	75
	Вид сальниковых уплотнений	ТУ	ТУ	СУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	СУ
	Диаметр вала, мм	40	40	35	35	35	40	40	35	40	40
	Производительность, л/мин	60	80	75	75	80	80	60	70	75	75
17	Окрасочная камера пульверизационная на два рабочих места										
	Длина, м	5	6	7	8	6	7	5	8	5	8
	Ширина, м	3,5	3,5	4,5	3,5	4,5	4	3	3,5	5	3,5
	Высота,м	2,5	3	3	2	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5
	Диаметр шланга, мм	16	18	18	20	16	20	20	18	20	20
	Давление краски, мПа	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
	Производительность распыления, л/мин	25	23	24	26	28	28	26	24	26	28
	Кратность вентиляции, 1/ч	20	15	20	25	30	22	24	28	30	25
	Улавливание краски	ВЗ*	СФ*	ВЗ	ВЗ	СФ	СФ	ВЗ	ВЗ	СФ	СФ
	Помещение цеха										
	Длина, м	95	90	85	75	80	75	85	95	100	100
	Ширина, м	20	20	20	34	34	32	32	36	36	32
	Высота, м	12	10	12	10	14	12	14	12	14	12
	Скорость воздуха, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	0,4
	Кратность вентиляции, 1/ч	2	2	4	4	2	2	4	4	2	4
	Расстояние до задвижек, м	6	6	8	8	5	5	5	8	6	5
	Привод задвижек	руч	авт	руч	авт	авт	руч	руч	руч	руч	руч
	Ограничение растекания краски, % от площади пола	нет	нет	нет	10	10	5	5	15	нет	нет

*ВЗ – водяная завеса;
**СФ – сухой фильтр.

4.3. Установка первичной перегонки нефти (АТ)
(номера зачетных книжек от 40 до 59)

Установка АТ (атмосферная трубчатка) предназначена для перегонки нефти до мазута. Сырьё, поступающее на установку, т.е. сырая нефть, представляет сложный раствор взаиморастворимых углеводородов различного молекулярного веса (жидких, твердых и газообразных) с примесями различных солей и воды. От избыточного содержания солей и воды нефть очищается перед началом процесса перегонки.

Разнообразие углеводородов, входящих в состав нефти, и их различные температуры кипения дают возможность получать из нефти фракции с различными интервалами температур кипения - от наиболее легких фракций до тяжелых. На установках АТ, осуществляя совокупность ряда физических процессов (нагревание, испарение, конденсация), из сырой нефти получают бензины, керосины, дизельное топливо и в остатке- мазут.

Принципиальная технологическая схема установки первичной перегонки нефти (АТ) представлена на *рис. 4*.

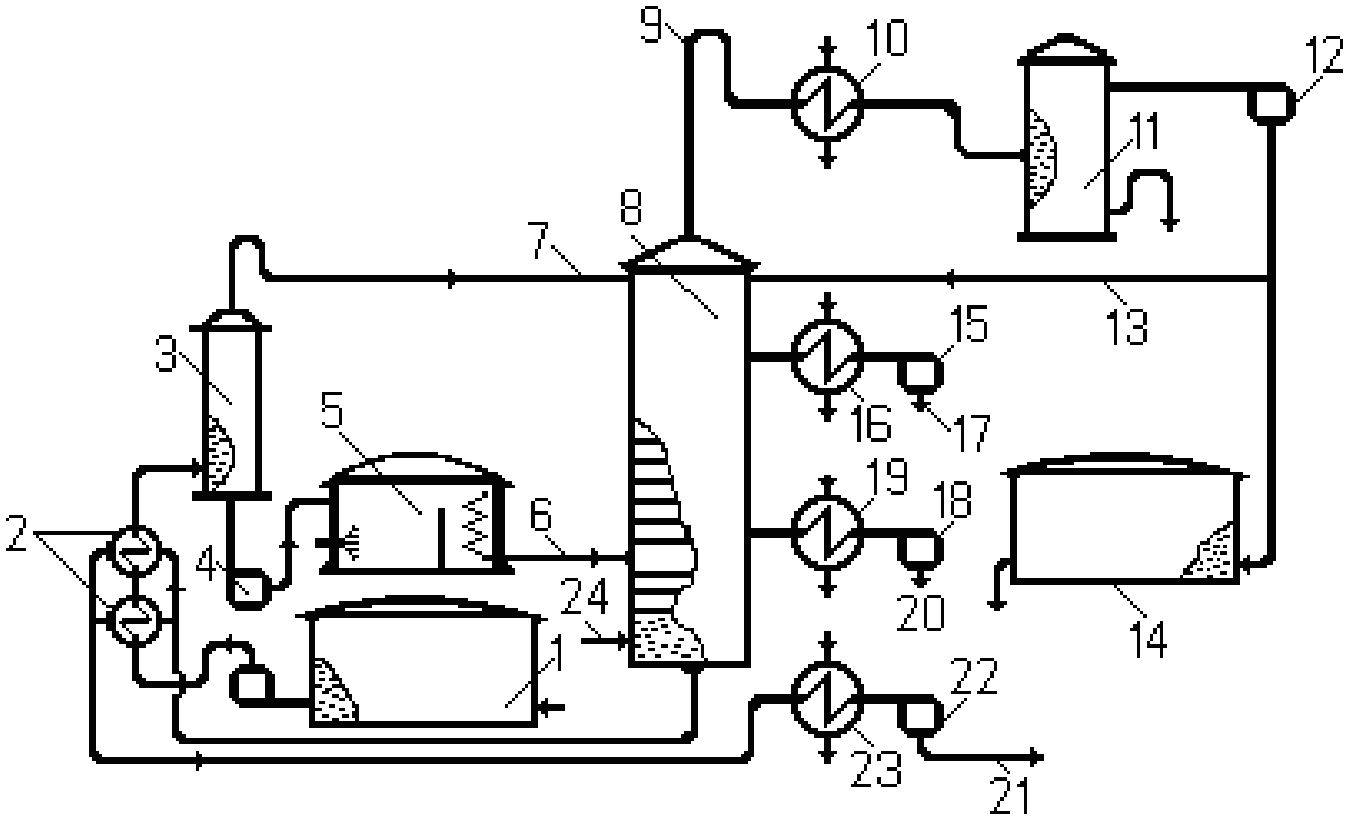


Рис. 4. Процесс первичной перегонки нефти:
а – принципиальная технологическая схема;

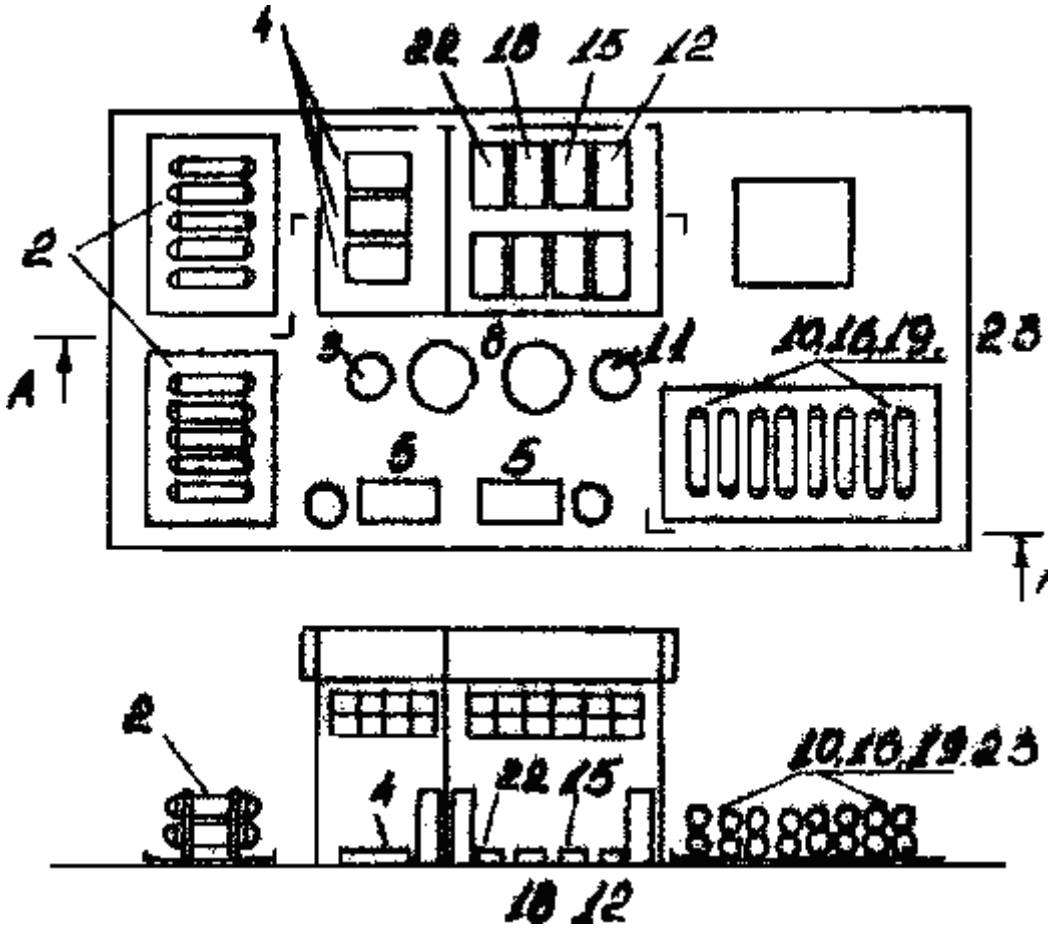


Рис. 4. Процесс первичной перегонки нефти:
б – план и продольный разрез установки

Сырая нефть, очищенная от солей и воды, хранится на сырьевом складе в резервуарах 1. Из сырьевых резервуаров нефть забирается насосом и подается на установку для ее перегонки. Поступая на установку, нефть прежде всего подогревается до температуры 100-120 ºС в теплообменниках-подогревателях 2. Подогрев нефти ведется за счет использования теплоты конечного продукта перегонки мазута, который при выходе из низа ректификационной колонны имеет температуру до 350 ºС.

От подогретой до 100-120 ºС сырой нефти уже можно отделить наиболее легкие пары - пары бензина и растворенные в нефти газы. Для этого нефть из теплообменников 2 подают в предварительный испаритель 3. Предварительный испаритель - это вертикальная колонна с тарелками. При движении нефти по тарелкам колонны сверху вниз из нее отделяются пары легкого бензина и по трубопроводу 7 подаются в основную ректификационную колонну 8. В нижней части колонны 3 скапливается отбензиненная нефть, которая забирается горячим насосом 4 и под давлением до 1,6 МПа подается для основного подогрева в змеевик трубчатых печей 5. Устройство и работа трубчатых печей описаны в гл. 12.2 [1].

За счет тепла сжигаемого топлива нефть в трубчатой печи нагревается до температуры кипения мазута и поступает по линии 6 на ректификацию (разделение) в основную ректификационную колонну 8. Так как давление в

колонне небольшое (немного выше атмосферного), то на линии 6 имеется редуктор для снижения давления нефти, выходящей из трубчатой печи, до требуемой величины.

Ректификационная колонна представляет собой высокий вертикальный цилиндрический аппарат с тарелками. Нижняя часть колонны подогревается острым перегретым водяным паром, подаваемым по линии 24. Верхняя часть колонны питается орошением бензином, подаваемым по линии 13. Устройство и работа ректификационной колонны освещены в гл. 13 [1].

Поступающая в колонну нефть за счет взаимодействия жидкой фазы, движущейся по тарелкам сверху вниз, с паровой фазой, движущейся по колонне снизу вверх, разделяется на нужные фракции. Из верхней части колонны выходит самая легкая фракция - пары бензина в смеси с водяным паром. Эта смесь по шлемовой трубе 9 поступает на конденсацию и охлаждение в конденсатор-холодильник 10. Полученная смесь конденсата (бензин+вода) и несконденсировавшихся продуктов (пары бензина и легкие углеводородные газы) поступает на разделение в газосепаратор 11. В газосепараторе вода отстаивается от бензина и отводится из нижней части аппарата в дренажную канализацию. Бензин из средней части газосепаратора забирается насосом 12 и подается на орошение по линии 13 и в резервуар товарной продукции 14. Газовая фаза отводится из верхней части газосепаратора на утилизацию.

Фракция тракторного керосина отводится из колонны 8 в холодильник 16 и в охлажденном виде насосом 15 по линии 17 подается в товарный парк.

Фракция дизельного топлива отводится из колонны 8 в холодильник 19 и, охлажденная, по линии 20 подается в резервуар товарного парка.

Остаток от перегонки нефти - горячий мазут – из нижней части ректификационной колонны 8 прокачивается через подогреватели – теплообменники 2 для подогрева сырой нефти. Затем мазут для окончательного охлаждения проходит холодильник 23 и насосом 22 по линии 21 подается в резервуары с мазутом. Режим работы основных аппаратов и их размеры приведены в табл. 7, 8 и 9.

Все аппараты, кроме насосов, расположены на открытых площадках. Насосы размещены в насосной станции. План и продольный разрез установки показаны на *рис. 4*.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 40 до 49, после краткого изложения сущности технологического процесса первичной перегонки нефти должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 8) и определить расчётным путём категорию взрывопожаро-опасности помещения насосной станции сырьевых насосов. Данные о насосной станции приведены в табл. 8.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 50 до 59, после краткого изложения сущности технологического процесса первичной перегонки нефти должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 9) и определить расчётным путём категорию взрывопожаро-опасности помещения насосной станции продуктовых насосов. Данные о насосной станции также приведены в табл. 9.

Таблица 7

Основные характеристики оборудования

Позиция на рис 4	Наименование оборудования	Режим работы		размеры	
		P, МПа	t, ºС	d или l, м	h, м
1	Резервуар с нефтью[1]	0	20	10	5
2	Теплообменники	0,2	120	0,8	6
3	Предварительный испаритель	0,1	100	1,5	8
4	Насосы «горячие»[1]	0,16	100	-	-
5	Трубчатая печь[1]	0,16	350	-	-
6	Линия с редуктором	-	-	-	-
7	Линия бензиновых паров	-	-	-	-
8	Ректификационная колонна[2]	0,15	100-350	3	32
9	Шлемовая труба				
10	Холодильник-конденсатор	0,12	30	0,8	6
11	Газосепаратор	0,11	30	0,8	4
12	Насос бензиновый[2]	0,3	30	-	-
13	Линия подачи орошения	-	-	-	-
14	Резервуар с бензином	-	-	-	-
15	Насос керосина тракторного	-	-	-	-
16	Холодильник керосина	0,15	40	0,8	6
17	Линии отвода керосина				
18	Насос дизельного топлива	0,3	30	-	-
19	Холодильник дизельного топлива	0,15	40	0,8	6
20	Линия овода дизтоплива	-	-	-	-
21	Линия отвода мазута	-	-	-	-
22	Насос мазутный	-	-	-	-
23	Холодильник мазута	0,15	40	0,8	6
24	Линия перегретого водяного пара	-	-	-	-

Примечания: 1. слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 40 до 49, должны брать данные об указанных аппаратах в табл. 8.

2. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 50 до 59, должны брать данные об указанных аппаратах в табл. 9.

Таблица 8

Позиция на рис.4	Исходные данные	Данные для вариантов									
		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
1	Резервуар с сырой нефтью										
	Объем, $м^3$	800	1000	1200	1500	2000	2000	1500	1200	1000	800
	Степень заполнения	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95
	Температура рабочая, ºС	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25
	Давление рабочее, МПа	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Молекулярный вес жидкости	90	95	100	105	110	90	95	100	105	110
	Температура начала кипения	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
	P_s при t_p, мм рт. ст	140	150	150	155	140	135	130	135	140	130
4	Насосы сырьевые «горячие», поршневые										
	Давление рабочее, МПа	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	1,2	1,3
	Рабочая температура, ºС	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	125	137	150	175	175	150	137	125	100
	Диаметр нагнетательной линии, мм	75	75	100	100	125	125	100	100	75	75
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	40	50	50	45	45	50	50	45	45	50
	Производительность, $м^3$/мин	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,4
5	Трубчатая печь										
	Диаметр трубы, мм	75	75	137	150	175	175	150	137	125	100
	Длина змеевика, м	350	400	400	400	450	450	450	400	400	350
	Рабочее давление, МПа	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	0,8	0,9	1,0	1,1
	Рабочая температура жидкости,ºС	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370
	Температура топочного газа, ºС	1000	1000	900	900	1000	1000	900	900	1000	1000
	Топливо	газ	газ	жид	жид	газ	газ	жид	жид	газ	газ
	Стационарная система тушения	нет	нет	пар	пар	нет	пар	нет	пар	нет	пар
	Насосная станция сырьевых насосов										
	Ширина помещения, м	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Длина помещения, м	10	9	8	8	7	10	10	8	8	7
	Высота помещения, м	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
	Кратность воздухообмена, 1/ч	4	5	6	8	5	5	6	5	7	4
	Длина линии до задвижки, м	10	9	8	7	5	10	9	8	7	6
	Скорость воздуха, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4
	Отключение задвижек	руч	руч	руч	руч	авт	авт	авт	авт	руч	руч
	Средства тушения	пена	пар	пена	пар	пар	пар	пена	пена	пена	пена
	Количество насосов	2	3	4	3	4	4	3	3	2	2

Таблица 9

Позиция на рис.4	Исходные данные	Данные для вариантов									
		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
12	Насос бензиновый центробежный										
	Давление рабочее, МПа	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Рабочая температура, ºС	30	30	25	25	20	20	30	25	20	25
	Диаметр всасывающей линии, мм	200	150	125	100	200	150	125	100	125	150
	Диаметр нагнетательной линии, мм	150	125	100	75	150	125	100	75	100	125
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	25	30	35	25	30	35	25	30	35	30
	Производительность, $м^3$/мин	0,6	0,5	0,55	0,55	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6
	Насосная станция продуктовых насосов										
	Ширина помещения, м	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Длина помещения, м	6	8	10	8	10	10	8	8	6	6
	Высота помещения, м	5	5	6	5	5	6	5	5	5	5
	Кратность воздухообмена, 1/ч	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
	Длина линии до задвижки, м	6	7	8	9	10	10	9	8	7	6
	Количество насосов	8	8	6	6	6	8	8	6	6	6
	Отключение задвижек	руч	руч	руч	авт	авт	авт	руч	руч	авт	авт
	Средства тушения	пар	пар	пар	пена	пена	пена	пар	пар	пар	пар
	Скорость воздуха, м/с	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6
8	Ректификационная колонна										
	Диаметр, м	4	4	3,5	3,5	3	3,5	4	3,5	3	3
	Высота, м	32	30	28	26	26	30	32	32	30	28
	Температура низа колонны, ºС	330	330	340	345	350	350	360	330	340	350
	Температура верха колонны, ºС	180	190	180	190	180	190	200	170	180	190
	Давление, МПа	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14
	Объем парового пространства, %	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,8	0,75	0,7	0,8	0,7
	Средства тушения	пар	орош	пар	орош	пар	орош	орош	орош	пар	пар
14	Резервуар бензина										
	Объем, $м^3$	1000	900	800	700	600	1000	900	800	700	600
	Степень заполнения, %	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9
	Рабочая температура, ºС	30	30	25	25	20	20	30	25	20	25
	Давление, МПа	0,101	0,101	0,102	0,102	0,1	0,1	0,101	0,102	0,102	0,101
	Молекулярный вес жидкости	100	95	90	105	110	100	95	90	95	100
	Температура начала кипения, ºС	60	65	50	60	65	60	55	50	55	60
	P_s при t_p мм рт. ст	140	160	180	145	140	150	160	180	160	150

4.4. Установка для улавливания паров ЛВЖ из горючего газа методом абсорбции (номера зачетных книжек от 60 до 79)

Из смеси паров и газов необходимое вещество можно выделить, используя метод абсорбции. Абсорбцией, как известно, называется процесс поглощения паров или газов из газовых или парогазовых смесей жидкими поглотителями – абсорбентами. При улавливании бензиновых углеводородов из природного газа в качестве абсорбента используется соляровое масло, а при улавливании паров этилена в качестве абсорбента используют воду.

Технологические схемы абсорбционных процессов улавливания бензиновых паров из природного газа и паров этилового спирта из этилена принципиально не отличается друг от друга. Поэтому ниже приведена схема и дано описание технологического процесса (*рис. 5*) абсорбционной установки, общее для обоих случаев.

Поступающая на установку по линии 1 смесь пара и газа (в первом случае – природный газ с парами бензина, во втором случае - этилен с парами этилового спирта) с начальным давлением 6 ата подвергается охлаждению до температуры 10 ºС в водяных кожухотрубчатых холодильниках 2. Предварительное сжатие и охлаждение начальной смеси обеспечивается в последующем более эффективным улавливанием паров из смеси газов. Из холодильника 2 смесь паров и газа поступает в два последовательно соединенных абсорбера 3. Абсорберы представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты, внутренний объем которых заполнен насадкой в виде керамических колец. Устройство и работа абсорберов изложены в гл.14.1[1].

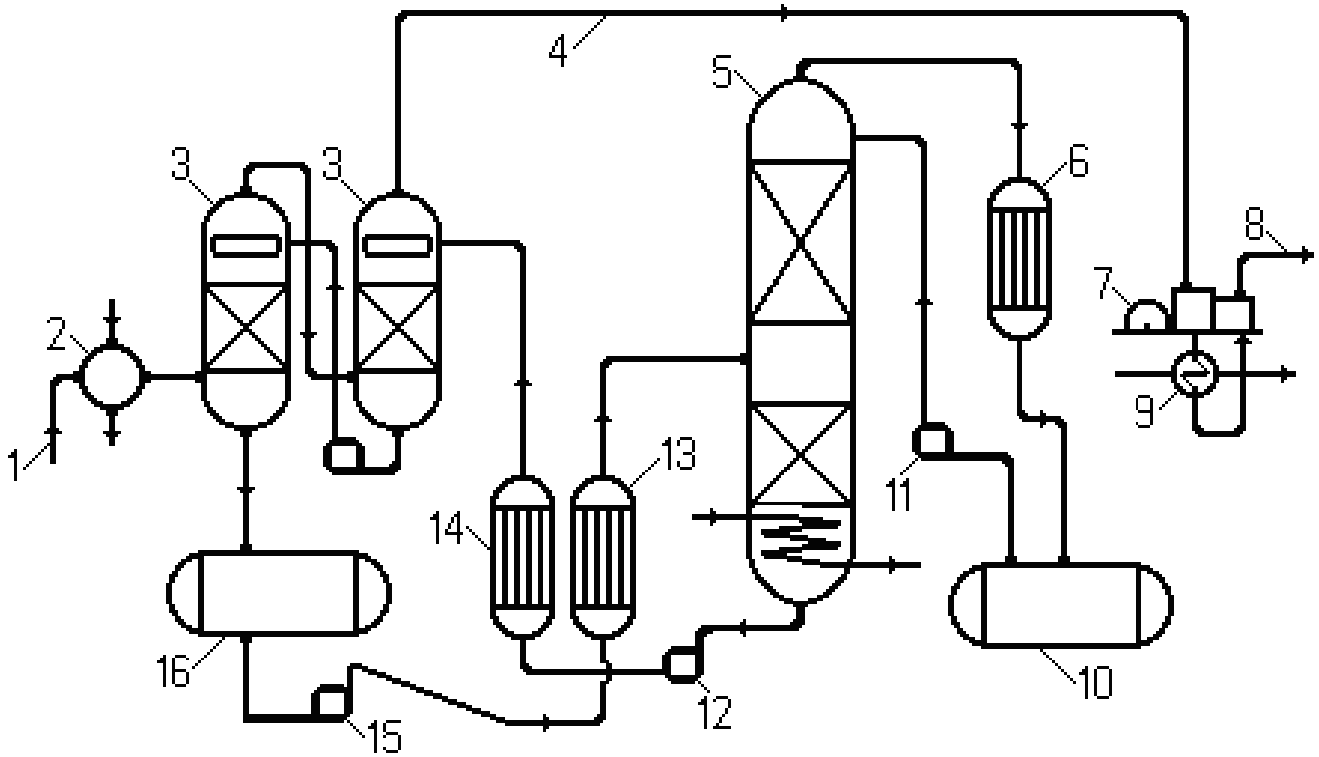


Рис. 5. Процесс улавливания паров ЛВЖ методом абсорбции:

а – принципиальная технологическая схема;

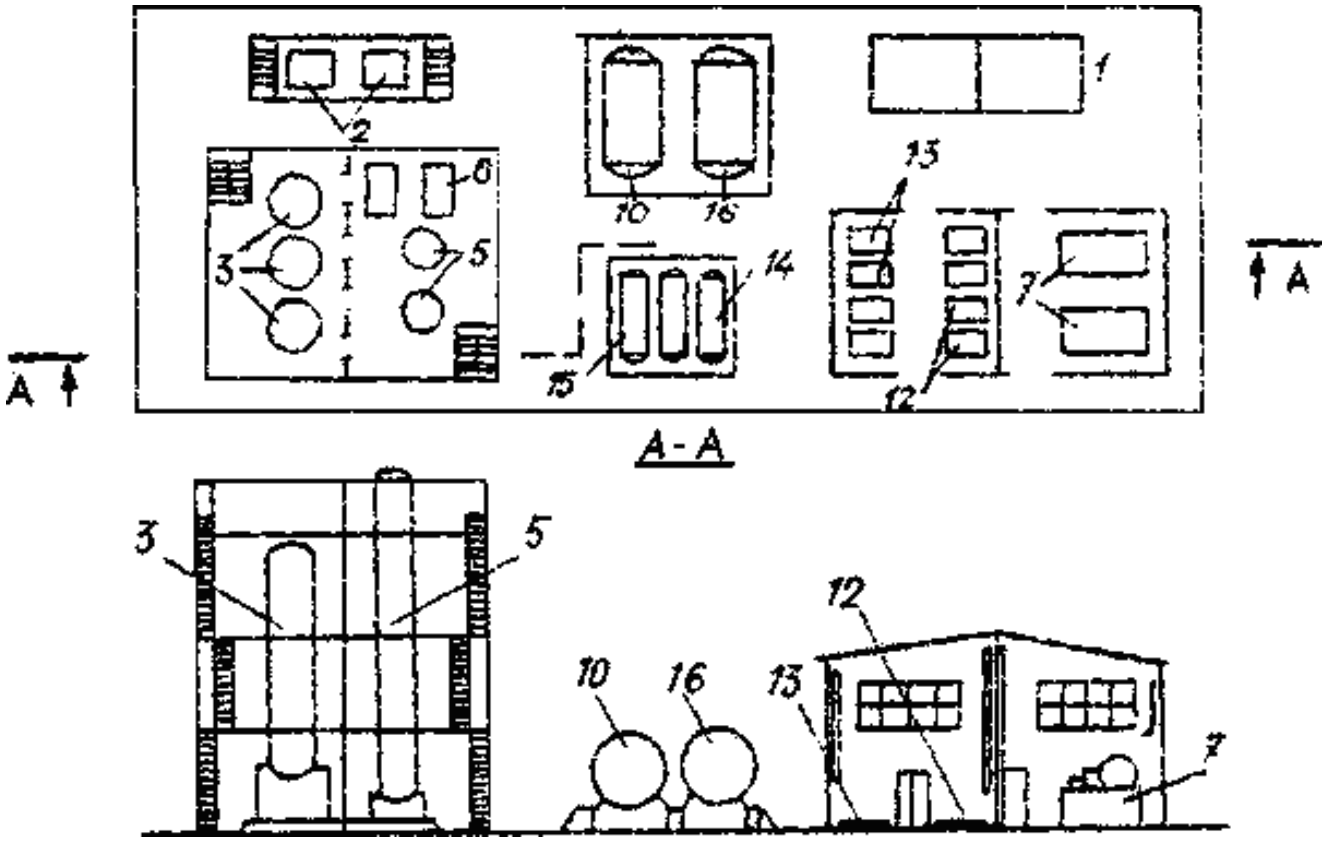


Рис. 5. Процесс улавливания паров ЛВЖ методом абсорбции:
б – план и продольный разрез установки

В верхнюю часть последнего по ходу газа абсорбера насосом 12 подается регенерированный и охлажденный в холодильнике 14 поглотитель – абсорбент (в первом случае соляровое масло, во втором - вода). Абсорбент, проходя абсорберы навстречу движения газа, поглощает из него пары бензина или спирта и в виде насыщенного раствора поступает в сборник 16. Очищенный от пара газ (природный или этилен) выходит из последнего абсорбера по линии 4 и поступает в компрессор 7, сжимается до давления, необходимого для дальнейший его переработки. Сжатый газ по линии 8 отводится из компрессорной станции.

Насыщенный абсорбент из емкости 16 насосом 15 подается на разделение (десорбцию) в ректификацию колонну 5. Перед поступлением на десорбцию абсорбент подогревается до температуры кипения в подогревателе 13. Ректификационная колонна 5 имеет колпачковые тарелки. Рабочее давление в колонне приведено в табл. 12. Температура в верхней части колонны равна температуре кипения улавливаемой жидкости (бензина, этилового спирта), температура в нижней части колонны равна температуре кипения применяемого абсорбента (соляровое масло, вода). Нижняя часть колонны имеет подогреватели. Устройство и работа ректификационной колонны описаны в гл. 13[1].

Теплоносителем подогревателей ректификационной колонны 5 и подогревателя насыщенного абсорбента 13 является водяной пар.

В ректификационной колонне 5 из абсорбента отгоняются поглощенные им из начальной смеси пары (бензина, этилового спирта). Отогнанный из абсорбента пар выходит из верхней части колонны и поступает на конденсацию и охлаждение в конденсатор – холодильник 6. Полученный конденсат (бензин, этиловый спирт) с температурой 20 ºС поступает в емкость ректификата 10. Из емкости 10 часть жидкости насосом 11 подается в качестве флегмы на орошение ректификационной колонны 5, остальная часть отводится на склад в емкости готовой продукции.

Все остальные аппараты технологической схемы размещены на открытой площадке. Колонные аппараты (абсорберы, ректификационные колонны) и непосредственно связанные с ними аппараты расположены на трехэтажной металлической этажерке, имеющей две двухмаршевые лестницы. Холодильники, подогреватели и промежуточные ёмкости расположены на отдельных площадках. Площадки имеют по периметру бортики высотой 15 см для защиты от растекания излившейся жидкости.

Насосы и компрессоры размещены в изолированных отсеках здания первой степени огнестойкости. План размещения технологического оборудования на производственной площадке и один из боковых видов показаны на *рис. 5б*.

Технологические параметры аппаратов приведены в табл. 10, 11, 12.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 60 до 69, после краткого изложения сущности технологического процесса поглощения паров бензина из природного газа должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные приведены в табл. 11) и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности компрессорной станции для сжатия природного газа. Данные о компрессорной станции также приведены в табл. 11.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет 2 последние цифры от 70 до 79, после краткого изложения сущности технологического процесса улавливания паров этилового спирта из этилена должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 12) и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности помещения компрессорной станции для сжатия этилена.

Данные о компрессорной станции приведены в табл. 12.

Таблица 10

Основные характеристики оборудования

Позиция на рис. 5	Наименование оборудования	Режим работы		Размеры	
		P, МПа	t, ºС	d или l, м	h, м
1	Линия подачи на абсорбицию	0,6	20	-	-
2	Холодильник газа кожухотрубчатый [1]	0,6	10	0,8	5
3	Абсорберы [2]	0,5	15	1,5	30
4	Линия подачи газа к компрессору	0,45	15	-	-
5	Десорбер (ректификационная колонна) [3]	0,4	170	2,5	32
6	Конденсатор-холодильник кожухотрубчатый [1]	0,15	20	0,8	5
7	Компрессор газовый [2,3]	2,4	50	-	-
8	Линия сжатого газа	2,4	50	-	-
9	Межступенчатый холодильник	2,4	50	-	-
10	Приемник уловленного продукта [3]	0,12	15	3	8
11	Насос центробежный для подачи орошения	0,6	15	-	-
12	Насос для подачи абсорбента в холодильник	0,6	-	-	-
13	Подогреватель насыщенного абсорбента	0,4	170	0,8	5
14	Холодильник абсорбента	0,6	15	0,8	5
15	Насос для подачи абсорбента на ректификацию	0,4	20	-	-
16	Сборник насыщенного абсорбента [2]	0,4	20	2	6

Примечание. 1. С линзовым компенсатором.

2. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 60 до 69, должны брать данные в табл. 11.

3. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 70 до 79, должны брать данные в табл. 12.

Таблица 11

Позиция на рис 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
3	Абсорбер для улавливания бензина из природного газа										
	Давление, МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	Температура, °С	12	12	12	12	10	10	10	20	20	20
	Насадка	Кольца металлические									
	Диаметр, м	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Высота, м	20	20	25	25	30	30	32	32	34	34
	Средства тушения	есть	нет	есть	нет	нет	есть	есть	нет	нет	есть
	Предохранительный клапан	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть
16	Емкость для насыщенного абсорбента (соляровое масло с бензином)										
	Объем, м³	11	12	13	14	15	16	18	20	22	25
	Степень заполнения	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
	Давление, МПа	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
	Температура, °С	10	10	10	10	15	15	15	20	20	20
	Измерение и регулирование уровня	изм	изм	рег	рег	изм	изм	рег	рег	рег	рег
	Защита от давления	нет	нет	есть	есть	нет	есть	нет	нет	есть	есть
	Аварийный слив	нет	нет	нет	нет	нет	есть	есть	есть	нет	есть
	Компрессор для сжатия природного газа										
	Давление газа, МПа	1,6	1,8	2,0	1,6	1,8	2,0	1,6	1,8	2,0	2,2
	Температура газа, °С	40	45	40	55	60	40	45	50	55	60
	Производительность, м³/мин	10	12	14	16	18	12	13	14	15	16
	Диаметр линии, мм	100	100	120	120	150	150	180	180	180	180
	Расстояние до задвижки, м	6	6	6	8	8	8	8	10	10	10
	Система отключения задвижек	Авт.	Руч	Авт.	Руч	Авт.	Руч	Авт.	Руч	Авт.	Руч
	Диаметр вала, мм	40	45	50	40	40	45	40	45	50	50
	Компрессорная станция природного газа										
	Ширина помещения, м	12	12	10	10	15	15	12	12	10	15
	Длина помещения, м	24	18	18	18	24	24	30	30	30	30
	Высота помещения, м	10	12	10	12	10	12	10	12	10	12
	Кратность вентиляции	8	6	8	6	8	8	10	10	10	10
	Скорость воздуха, м/с	0,8	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,5

Таблица 12

Позиция на рис 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	Десорбер (ректификационная колонна) для отгонки спирта										
	Давление, МПа	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
	Температура, °С	110	110	110	110	115	115	115	120	120	120
	Диаметр, м	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Высота, м	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34
	Паровой объем,%	80	80	80	70	70	70	80	80	80	80
	Защита от давления	нет	нет	есть	есть	есть	нет	нет	есть	нет	нет
	Средства тушения	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
10	Приемник спирта										
	Объем, м³	10	12	14	16	20	22	25	25	25	25
	Степень заполнения	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
	Давление, МПа	0,105	0,105	0,11	0,11	0,11	0,105	0,105	0,105	0,12	0,12
	Температура, °С	20	20	20	20	20	22	22	25	25	25
	Измерение и регулирование уровня	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.	Рег.	Рег.	Изм.	Изм.	Рег.	Рег.
	Защита от давления	есть	нет	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть
	Аварийный слив	нет	нет	нет	нет	нет	нет	есть	есть	есть	есть
7	Компрессоры для сжатия этилена										
	Давление газа, МПа	2,4	2,4	2,6	2,6	2,8	2,8	3	3	3,2	3,2
	Температура, °С	40	45	45	45	40	40	45	45	40	40
	Производительность, м³/мин	100	60	70	75	80	60	70	75	80	90
	Диаметр линии, мм	75	75	75	100	75	75	75	100	100	100
	отключение задвижек	Руч.	Руч.	Авт.	Авт.	Руч.	Руч.	Авт.	Авт.	Руч.	Авт.
	Расстояние до задвижек	6	8	10	12	15	15	20	20	20	15
	Компрессорная станция этилена										
	Ширина помещения, м	18	18	20	18	20	18	18	18	19	20
	Длина помещения, м	24	24	24	30	30	30	30	36	36	36
	Высота помещения, м	10	12	8	10	8	12	10	8	12	10
	Кратность вентиляции, 1/ч	6	8	6	8	8	10	8	8	10	8
	Скорость воздуха, м/с	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8	1,0	0,6	0,4	0,8	0,6

4.5. Установка для улавливания паров ЛВЖ из паровоздушной смеси методом адсорбции (номера зачетных книжек от 80 до 99)

Из паровоздушной смеси пары летучего растворителя можно выделить, используя метод адсорбции. Адсорбцией называют процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси или раствора твердым пористым веществом – адсорбентом. Установка предназначена для улавливания из паровоздушной смеси паров бензола при производстве искусственной кожи и паров бензина при производстве резинотехнических изделий. Технологические схемы адсорбционных процессов улавливания из паровоздушных смесей паров бензола и паров бензина принципиально не отличаются друг от друга. Поэтому ниже приведена схема (*рис. 6*) и дано описание технологического процесса адсорбционной установки, общее для первого (улавливание бензола) и второго (улавливания бензина) случаев.

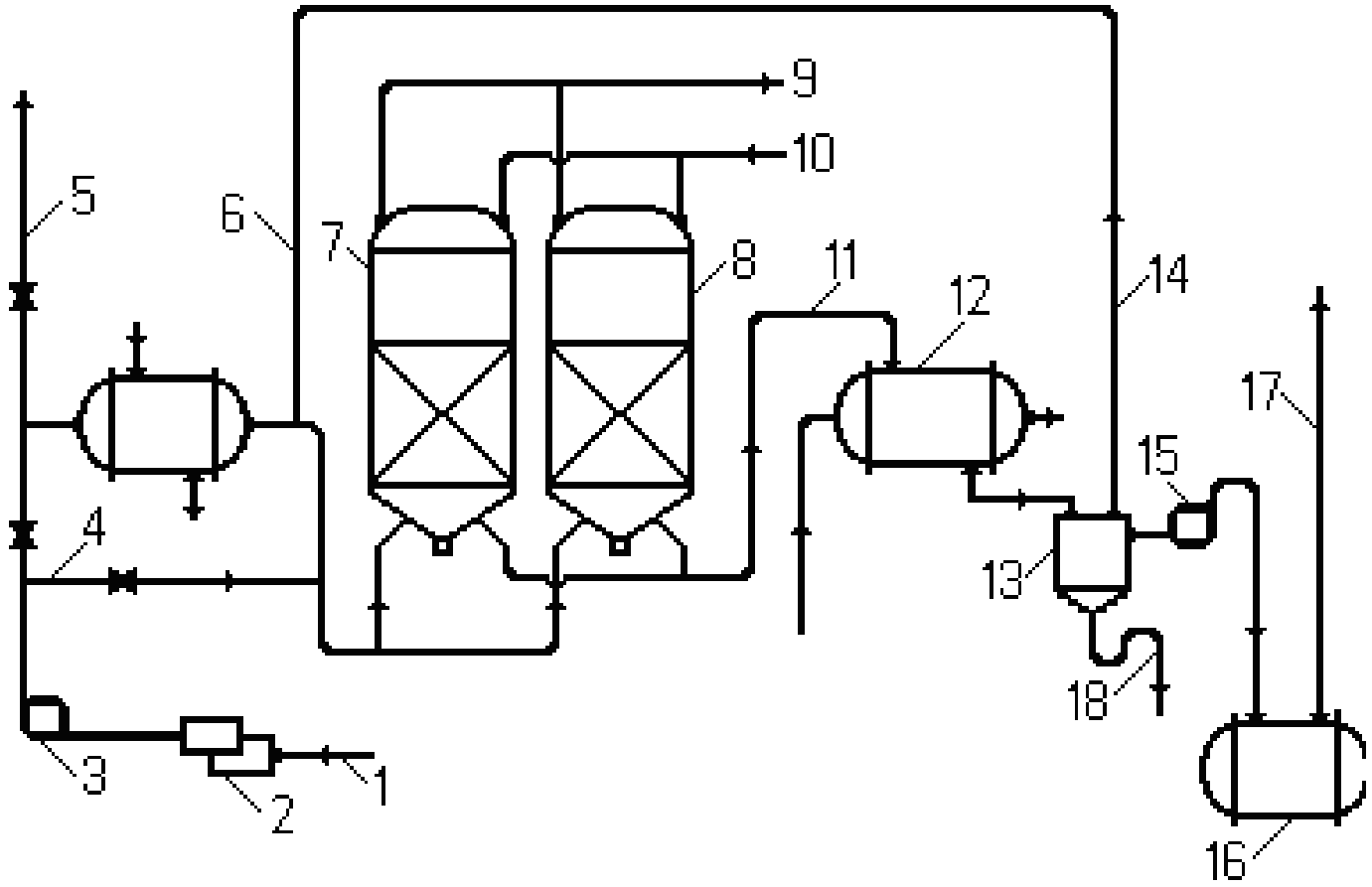
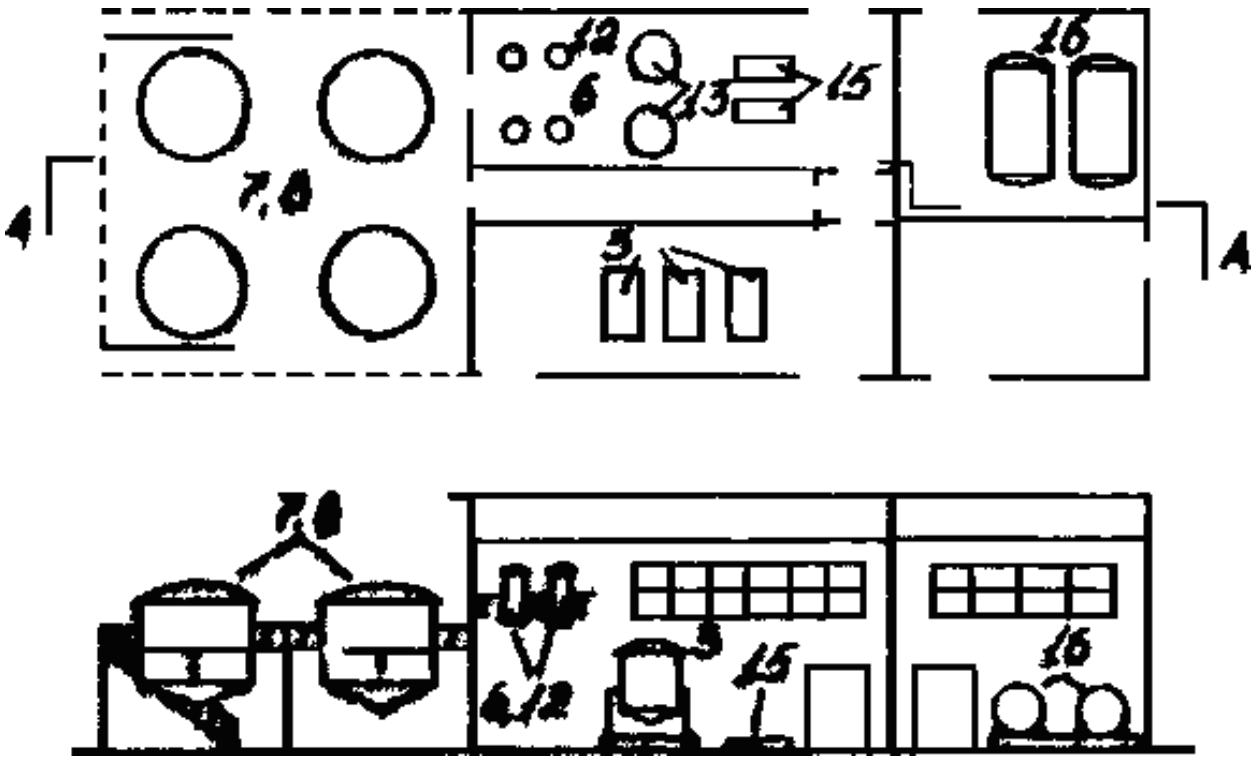


Рис. 6. Процесс улавливания паров ЛВЖ
из паровоздушной смеси методом адсорбции:
а – принципиальная технологическая схема;



б – план и продольный разрез установки

Поступающая на установку по линии 1 паровоздушная смесь (в первом случае воздух с парами бензола, во втором – воздух с парами бензина) имеет концентрацию 20 г горючего вещества в 1 $м^3$ воздуха. ПВС подсасывается на установку центробежным вентилятором 3 и под избыточным давлением 400 мм рт. ст. и температуре 20 °С поступает по линии 4 в адсорбер 7. Находящийся в адсорбере активированный уголь поглощает 90 % паров горючего вещества из ПВС, а воздух с остатком пара выбрасывается по линии 9 в атмосферу. В адсорбере 8 в этот же момент (т.е. когда в адсорбере 7 идет поглощение) происходит процесс десорбции – обратное извлечение из активированного угля паров растворителя. Устройство и работа адсорберов, а также работа адсорбционной установки в целом изложены в гл. 13.2[1].

Для осуществления процесса десорбции в адсорбере по линии 10 подают водяной пар давлением 3 $кг/см^2$. Смесь водяного пара и извлеченных из угля паров растворителя по линии 11 поступает в холодильник-конденсатор 12 на конденсацию. Охлаждение паров в конденсаторе происходит за счет подачи через трубки холодной воды. Полученный в холодильнике 12 конденсат, представляющий собой смесь горючей жидкости (бензола, бензина) и воды, поступает в отстойник 13 на разделение эмульсии путем ее расслаивания. Вода, как наиболее тяжелая, скапливается в нижней части отстойника и по трубе 18 отводится в канализацию. Горючая жидкость, как более легкая, из верхней части отстойника 13 насосом 15 подается в ёмкость растворителя 16. Ёмкость имеет дыхательную трубу 17. Несконденсировавшиеся пары из отстойника по линии 14 поступают снова в адсорбер на улавливание. После процесса поглощения паров адсорбер 7 переключается на десорбцию, а адсорбер 8 после десорбции переключается на поглощение паров растворителя, т.е. пропускают через него ПВС. Для сушки увлажненного после десорбции угля, пропускаемого через

адсорбер, ПВС подогревают некоторое время в кожухотрубчатом паровом подогревателе 6 до температуры 80 °С. При аварийной ситуации на ректификационной станции ПВС выбрасывается в атмосферу по трубе 5. От распространения пламени линии ПВС защищены гравийными огнепреградителями 2, а для защиты их от разрушения при взрыве имеются мембранные предохранительные клапаны.

Адсорберы расположены на открытой металлической этажерке, примыкающей к зданию II степени огнестойкости, где размещены все остальные аппараты установки. План размещения адсорберов и технологических аппаратов в здании, а также продольный разрез установки показаны на *рис. 6б*. Размеры помещений и данные по отдельным аппаратам приведены в табл. 13, 14 и 15.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 80 до 89, после краткого изложения сущности технологического процесса улавливания паров бензина А-76 из паровоздушной смеси должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 14) и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности помещений сепараторов и насосов. Данные о помещении емкостей бензола также приведены в табл. 14.

Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 90 до 99, после краткого изложения сущности технологического процесса улавливания паров бензола из паровоздушной смеси должны дать анализ пожарной опасности аппаратов (данные указаны в табл. 15) и определить расчетным путем категорию взрывопожароопасности помещения с емкостями бензина А-72.

Данные о помещении с емкостями бензина А-72 приведены в табл. 15.

Таблица 13

Позиция на рис.6	Наименование оборудования	Режим работы		Размеры	
		P, МПа	t, °С	d или l, м	h, м
1	Линия подачи ПВС	0,19	18	0,4	40
2	Огнепреградитель (гравийный – 5мм)	-	-	-	-
3	Вентилятор центробежный взрывоопасный	0,12	18	-	-
4	Линия ПВС	-	-	0,3	-
5	Линия аварийная ПВС	-	-	0,3	10
6	Подогреватель [1]	0,12	60	1	4
7	Адсорберы угольные [2,3]	0,11	30	-	-
8	Адсорберы угольные [2,3]	0,11	30	-	-
9	Линия выброса воздуха	0,105	30	0,3	20
10	Линия подачи водяного пара	0,4	142	0,1	-
11	Линия к конденсатору	0,15	110	0,15	-
12	Конденсатор кожухотрубчатый [1]	0,105	30	1	4
13	Сепаратор –отстойник [3]	0,101	30	0,6	0,6
14	Линии неконденсированного пара	-	-	-	-
15	Насос растворителя [2,3]	0,15	30	-	-
16	Емкость для растворителя [2]	0,101	30	4	8
17	Дыхательная линия резервуара	-	-	-	-
18	Линия отвода воды	-	-	-	-

Примечание. 1. С линзовым компенсатором.

2. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 80 до 89, должны брать данные в табл. 14.

3. Слушатели, у которых номер зачетной книжки имеет две последние цифры от 90 до 99, должны брать данные в табл. 15.

Таблица 14

Позиция на рис. 7	Исходные данные	Данные для вариантов									
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
7	Адсорбер угольный для улавливания паров бензина А-72										
	Диаметр, м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	2,5	2,6	2,8	3
	Высота слоя угля, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	0,7	0,8	0,9	1
	Давление, МПа	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,12
	Температура, °С	25	28	30	32	35	25	28	30	32	35
	Защита от давления	ПК*	МК*	ПК	ПК	ПК	МК	МК	ПК	МК	МК
	Стационарная система тушения	вода	нет	нет	вода	нет	вода	нет	вода	вода	вода
	Давление пара при десорбции, МПа	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,4	0,38	0,36	0,4
15	Насос для откачки бензина А-72 центробежный										
	Давление, МПа	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15
	Температура, °С	20	20	25	25	30	30	25	25	30	30
	Диаметр всасывающей линии, мм	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100
	Диаметр нагнетательной линии, мм	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75
	Вид сальникового уплотнения	СУ	ТУ	СУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	30	35	30	35	40	35	35	30	25	30
	Производительность, $м^3$/мин	0,42	0,42	0,44	0,46	0,48	0,5	0,52	0,52	0,54	0,56
16	Емкость для бензина А-72										
	Объем, $м^3$	16	18	20	22	24	24	22	20	22	24
	Степень заполнения	0,95	0,95	0,9	0,9	0,95	0,95	0,9	0,9	0,95	0,9
	Температура жидкости, °С	18	18	22	22	27	27	23	23	27	27
	Давление рабочее, МПа	0,101	0,102	0,103	0,104	0,105	0,101	0,102	0,103	0,104	0,105
	Защита дыхательной линии	ДК*	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК
	Аварийный слив	нет	нет	нет	нет	есть	есть	есть	нет	нет	есть
	Помещения, где размещены ёмкости с бензином А-72										
	Ширина помещения, м	18	20	22	24	24	24	22	20	22	24
	Длина помещения, м	20	24	26	30	32	36	20	24	26	30
	Высота помещения, м	6	6	6	8	8	8	6	8	8	8
	Кратность воздухообмена, 1/ч	8	8	8	10	10	10	10	6	6	6
	Скорость воздуха, м/с	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,8	0,6	0,4	0,5	0,2
	Диаметр линии, мм	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75
	Расстояние до задвижек, м	7	8	9	10	7	8	9	10	9	8
	Привод задвижек	руч	руч	авт	авт	руч	руч	авт	авт	руч	руч
	Средства тушения	нет	нет	нет	вода	вода	вода	нет	нет	нет	вода

* ПК- предохранительный клапан;
МК- мембранный клапан;
ДК- дыхательный клапан;

Таблица 15

Позиция на рис. 7	Исходные данные	Данные для вариантов									
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
7	Адсорбер угольный для улавливания паров бензола										
	Диаметр, м	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	3,2
	Высота слоя угля, м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5
	Давление при адсорбции, МПа	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
	Температура при адсорбции, °С	32	32	34	32	30	32	34	32	30	34
	Защита от давления	ПК	МК	МК	ПК	ПК	МК	МК	ПК	ПК	ПК
	Давление насыщенного пара при десорбции	40	38	38	36	36	38	38	36	38	40
	Средства тушения	нет	нет	вода	вода	вода	вода	вода	нет	нет	нет
15	Насос для откачки бензола центробежный										
	Давление, МПа	0,15	0,14	0,13	0,15	0,2	0,25	0,14	0,15	0,2	0,25
	Температура, °С	25	28	30	32	32	30	28	25	30	32
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	100	100	100	100	75	75	75	75	75
	Диаметр нагнетательной линии, мм	75	75	75	75	75	50	50	50	50	50
	Вид сальникового уплотнения	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	30	30	35	35	40	40	35	35	30	30
	Производительность, $м^3$/мин	0,52	0,51	0,5	0,49	0,48	0,42	0,43	0,44	0,45	0,5
13	Сепаратор для воды										
	Диаметр, м	1,2	1,4	1,0	0,8	0,8	1,0	1,4	1,2	1,2	1,4
	Высота слоя бензина, м	0,8	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8
	Температура жидкости, °С	30	28	26	24	22	20	30	28	26	24
	Давление, МПа	0,101	0,102	0,101	0,101	0,101	0,102	0,102	0,102	0,101	0,101
	Контроль уровня «бензин-вода»	Смотровое стекло			авт.	авт.	авт.	авт.	Смотровое стекло		
	Помещение сепараторов и насосов										
	Ширина помещения, м	12	10	8	12	10	8	12	10	8	12
	Длина помещения, м	24	30	28	32	26	24	26	28	22	30
	Высота помещения, м	8	8	8	6	6	10	10	10	8	10
	Кратность воздухообмена, 1/ч	7	7	7	8	8	8	6	6	10	10
	Скорость воздухообмена, м/с	0,2	0,4	0,6	0,5	0,6	0,8	0,4	0,5	0,6	0,8
	Диаметр линии, мм	75	75	75	75	75	50	50	50	50	50
	Расстояние до задвижек, м	9	8	9	8	7	7	10	9	8	7
	Привод задвижек	авт	авт	руч	руч	руч	авт	авт	авт	руч	авт
	Средства тушения	пена	нет	пена	нет	нет	нет	пена	пена	пар	пар

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Алексеев М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф. Пожарная профилактика технологических процессов производств. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1986. –372 с.
2. Горячев С.А., Клубань В.С. Задачник по курсу Пожарная профилактика технологических процессов производств. - М.: ВИПТШ МВД РФ, 1995. – 122 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91*.ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Госстандарт России, 1992. – 78с.
4. ГОСТ 12.1.044-89*. СТ СЭВ 1495-79. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. - М.: Издательство стандартов, 1991.
5. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд.: в 2 кн./ Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко, - М.: Химия, 1990.
7. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля ..
8. Горячев С.А., Обухов А.И., Рубцов В.В., Швырков С.А. Основы технологии, процессов и аппаратов пожаровзрывоопасных производств. - М.: АГПС МЧС России, 2003.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

9. ГОСТ 12.1.010-76*. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.1.017-80. ССБТ. Пожаровзрывоопасность нефтепродуктов и химических органических продуктов. Номенклатура показателей.
11. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
12. ГОСТ 12.1.041-83*. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
13. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности - М.: Госстандарт России,1998.
14. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ-01-03. - М.: Калан-Форт, 2003. – 152 с.
15. ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
16. ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности.
17. ВППБ 01-01-94. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения.
18. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
19. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
20. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.

21. ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.
22. ПБЛП-93. Правила безопасности лакокрасочных производств
23. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
24. СНиП 31-03-2001. Производственные здания.
25. СНиП 2.11.03-93*. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.
26. СНиП 34-02-99. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки.
27. СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы.
28. МДС 21-1.98. Предотвращение распространения пожара (Пособие к СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»)
29. МДС 21-3.2001. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97*
30. Рабочая программа дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов произ-водств». - М.: УрИ ГПС МЧС России, 2017.
31. Назаров В.П., Сонечкин В.М. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Пожарная профилактика технологических процессов». - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989. – 85 с.
32. Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Фёдоров А.В. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. - М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 239 с.
33. Алексеев М.В. Основы пожарной профилактики в технологических процессах производств. - М.: Высшая школа, 1972. – 340 с.
34. Алексеев М.В. Пожарная профилактика на предприятиях органического синтеза. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1964.
35. Алексеев М.В. Пожарная профилактика при производстве пластических масс и химических волокон. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1966.
36. Алексеев М.В., Смирнов И.В. Пожарная профилактика в технологических процессах, связанных с обращением ГЖ и ЛВЖ. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1955.
37. Водяник В.И. Взрывозащита технологического оборудования. М.: Химия, 1991. – 256 с.
38. Водяник В.И. Предохранительные устройства для защиты химического оборудования. – М.: Химия, 1975.
39. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. - М.: Недра, 1984. – 152 с.
40. Волков О.М., Проскуряков Г.А., Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. - М.: Недра, 1981. – 255 с.
41. Глумов А.П., Шархун С.В. Пособие по применению НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации в части определения категорий помещений и зданий для общеобразовательных учреждений высшего специального образования. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2007. – 76 с.
42. Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1987. – 303 с.
43. Замулюкин А.Т., Воронин Ю.А. О замене легковоспламеняющихся и горючих

веществ пожаробезопасными моющими средствами в технологических процессах производств. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1983.

44. Иванов И.Н. Противопожарная защита открытых технологических установок. - М.: Химия, 1986.
45. Касаткин А.Г. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1971.
46. Клепоносов Н.Н., Сорокин А.И. Пожарная защита объектов нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1983. – 192 с.
47. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. - М.: Стройиздат, 1987.– 478 с.
48. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа: учебное пособие для ВУЗов. - Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 128 с.
49. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. - М.: Химия, 1986.
50. Котов Г.М., Волков О.М. Противопожарные мероприятия на нефтеперерабатывающих предприятиях. - М.: Стройиздат, 1981.
51. Логинов Ф.Л. Противопожарные мероприятия при окраске и сушке изделий. - М.: Стройиздат, 1973. – 128 с.
52. Обеспечение пожарной безопасности объектов хранения и переработки СУГ: Рекомедации. - М.: ВНИИПО, 1999. – 78 с.
53. Обеспечение пожарной безопасности предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: Рекомедации. - М.: ВНИИПО, 2004. – 158 с.
54. Роев Э.Д. Пожарная защита объектов хранения и переработки сжиженных газов. - М.: Недра, 1980. – 184 с.
55. Стрижевскнй И.И., Заказнов В.Ф. Промышленные огнепреградители. - М.: Химия, 1974. – 264 с.
56. Сучков В.П. Пожарная безопасность при хранении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на промышленных предприятиях. - М.: Стройиздат, 1985.
57. Сушильные аппараты. Каталог-справочник. - М.: Машгиз, 1965.
58. Тименский М.Н., Зуйков Г.М. Контрольно-измерительные приборы для противопожарной и противовзрывной защиты. - М.: Стройиздат, 1982.
59. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" (с изменениями от 22 августа 1995 г., 18 апреля 1996 г., 24 января 1998 г., 7 ноября, 27 декабря 2000 г., 6 августа, 30 декабря 2001 г., 25 июля 2002 г., 10 января 2003 г., 10 мая, 29 июня, 22 августа, 29 декабря 2004 г., 1 апреля, 9 мая 2005 г.)
60. Постановление Правительства РФ «О государственном пожарном надзоре» от 21 декабря 2004 г. N 820.

Приложение 1.



МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине: «Пожарная безопасность технологических процессов»
на тему: «.....»

Выполнил:
Слушатель_____
_____
Проверил:
Преподаватель_____
_____

Екатеринбург
200_ г.

Приложение 2
Таблица 1

Давление насыщенных паров Ps/133,3 (Па)

Температура, °С	Этиловый спирт (C_2H_5OH)	Метиловый спирт (CH_3OH)	Ацетон $(CH_3)_2CO$	Бензол (C_6H_6)	Толуол ($C_6H_5CH_3$)	Циклогексан (C_6H_{12})	Бензин А-72	Керосин КО-22
10	24,23	50,18	110,32	45,25	13,0	47,49	134,15	0,916
20	44,46	88,67	180,08	75,65	22,0	77,52	177,50	1,786
30	78,52	149,90	280,05	120,24	37,4	121,73	229,67	3,292
40	133,69	260,50	419,35	183,62	59,9	184,69	292,62	5,770
50	219,90	381,68	608,81	271,37	92,8	271,80	-	-
60	350,24	679,93	860,96	390,10	139,5	389,20	-	-
70	511,15	857,16	1189,90	547,42	204,1	543,83	-	-
80	812,91	1238,47	1611,05	751,86	291,6	743,28	-	-
90	1189,30	1741,67	2140,82	1012,75	407,5	-	-	-
100	1697,55	2405,15	2796,20	1340,00	558,3	-	-	-

Ps = 133,3 * A(Па), где A – значение из табл. 1 для заданного вещества.

Таблица 2

Константы уравнения Антуана

Вещество	Химическая формула	Молекулярная масса	A	B	C_A
Ацетон	C_3H_6O	58	7,25	1281,72	237,09
Бензол	C_6H_6	78	6,49	902,28	178,10
Метиловый спирт	CH_4O	32	8,23	1660,45	245,82
Стирол	C_8H_8	104	7,94	2113,06	272,99
Толуол	C_7H_8	92	6,96	1345,09	219,52
Этилбензол	C_8H_{10}	106	6,96	1425,46	213,35
Этиловый спирт	C_2H_6O	46	8,69	1918,51	252,13
Бензин А-72	$C_{6,99}H_{19,1}$	97	5,07	682,87	222,06
Нефть (легкие фракции)	$C_{8,6}H_{18,1}$	121	5,52	902,91	249,50
Дизтопливо ´´З``	$C_{12,34}H_{23,9}$	172,3	5,95	1255,73	192,47
Керосин	$C_{10,9}H_{21,8}$	153,1	6,47	1394,72	204,26

Таблица 3

Свойства водяного насыщенного пара

Давление, МПа*10	Температура пара, °С	Объем 1кг пара, м³	Масса 1 м³, кг	Энтальпия воды, кДж/кг	Энтальпия водяного пара, кДж/кг	Теплота испарения, кДж/кг
1,0	100,0	1,727	0,579	419,0	2667,4	2258,4
1,2	104,2	1,457	0,686	437,0	2686,2	2248,7
1,4	108,7	1,261	0,793	456,3	2693,3	2237,0
1,6	112,7	1,113	0,898	470,5	2699,6	2226,6
1,8	116,3	0,997	1,003	488,7	2705,5	2216,9
2,0	119,6	0,903	1,070	502,4	2710,5	2208,1
3,0	132,9	0,618	1,618	558,9	2730,2	2170,8
4,0	142,9	0,472	2,120	602,1	2744,0	2141,5
5,0	151,1	0,382	2,614	637,7	2754,1	2116,8
6,0	158,1	0,322	3,104	667,9	2762,5	2094,6
7,0	164,2	0,278	3,591	694,3	2769,2	2074,9
8,0	169,6	0,254	4,075	718,2	2775,0	2056,9
9,0	174,5	0,219	4,556	739,9	2779,6	2039,7
10,0	179,0	0,198	5,037	760,0	2783,8	2024,2

Таблица 4

Коэффициенты объемного сжатия и модуль упругости жидкостей

Вещество	Температура, °С	Пределы давления, МПа	Коэффициент объемного сжатия, см²/кг*10^{-6}	Модуль упругости, МПа
Ацетон	18-20	0,1-0,8	121	830
Бензол	14-20	0,1-1,5	74,7	1340
Вода	20	0,1-2,5	49,1	2350
Керосин	20-60	0,1-1,5	63,7	1570
Ксилол	10	0,1-0,5	74,0	1350
Метиловый спирт	0	0,1-50,0	79,8	1250
Этиловый спирт	20	0,1-5,0	76,0	1320
Сжиженные нефтяные газы	-	-	450	220
Смазочное масло	-	-	45,5	2200
Нефть	20	-	74	1350

Таблица 5

Коэффициенты теплообмена между горючими газами и теплообменной поверхностью

Диаметр трубы, м	**Коэффициент теплообмена, Вт/м*°С, при температуре t, °С**						
	50	100	150	200	300	400	500
0,05	11,4	14,42	17,33	20,24	26,98	35,24	45,71
0,1	10,46	13,26	15,93	18,72	25,35	33,49	43,85
0,2	9,54	12,21	14,89	17,56	23,96	31,98	42,33
Плоская стенка (вертикальная)	11,51	15,12	17,56	19,77	27,33	35,59	46,05

В.В. Болотов, С.В. Кочнев

«Пожарная безопасность технологических процессов»
Методические указания
по выполнению курсового проекта
для курсантов, студентов и слушателей
Уральского института ГПС МЧС России,
обучающихся по специальности
20.05.01 Пожарная безопасность

Корректура – В.Г. Раткевич

Подписано в печать 10.05.2008. Формат 60×84 1/16 Тираж 300 экз.
Объем 4 печ. л. Печать термография. Бумага писчая.

Отпечатано в копировально-множительном бюро
Уральского института ГПС МЧС России

Екатеринбург, Ул. Мира, 22