

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович  
Должность: ректор ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ  
Дата подписания: 15.09.2021 15:34:22  
Уникальный программный ключ:  
5b8335c1f30e7101e51179974c17b81861578

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет**  
**имени Н.И. Вавилова»**

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

**Методические указания для выполнения курсового проекта**

**Специальность**  
**20.05.01 Пожарная безопасность**  
**Специализация «Профилактика и тушение пожара»**

**Саратов 2021**



**Пожарная безопасность технологических процессов:**  
методические указания для выполнения курсового проекта для обучающихся специальности 20.05.01 Пожарная безопасность / Сост.: Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2021. – 56 с.

Разработаны структура, правила оформления и порядок выполнения курсовых проектов, связанных с обеспечением пожарной безопасности различных технологических процессов.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению курсового проекта, цель которого – закрепление знаний по курсу «Пожарная безопасность технологических процессов», приобретение навыков анализа пожарной опасности, разработки технических решений противопожарной защиты, а также обоснования (путем расчета) категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Курсовой проект по пожарной безопасности технологических процессов является важным этапом в освоении курса. При выполнении курсового проекта обучающийся имеет возможность применить теоретические знания к решению конкретной практической задачи, связанной с разработкой инженерных решений и рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности заданного технологического процесса.

В ходе выполнения курсового проекта обучающийся закрепляет знания, полученные при изучении дисциплины. При работе над темой он должен:

изучить технологический процесс (технологическую схему, технологическое оборудование, режимы работы и т. д.);

исследовать пожарную опасность аппаратов (по методике, изложенной в курсе);

проверить соответствие технологического оборудования требованиям действующих норм и правил;

обосновать (расчетными методами) категорию помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности;

разработать меры по обеспечению пожарной безопасности заданного технологического процесса.

Курсовой проект выполняется каждым обучающимся самостоятельно в соответствии с индивидуальным заданием, в котором указываются вопросы, подлежащие разработке по конкретному технологическому процессу, аппаратам и помещению своего варианта.

### **1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Вариант курсового проекта для каждого обучающегося индивидуален:

от 00 до 29 – работа выполняется по производству бутадиенстирольного каучука;

от 30 до 49 – работа выполняется по цеху окраски изделий с краско-приготовительным отделением;

от 50 до 79 – работа выполняется по производству стирола из этилбензола;

от 80 до 99 – работа выполняется по хранению ЛВЖ в резервуарном парке предприятия.

## **2. ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЙ МАТЕРИАЛ**

Курсовой проект должен иметь расчетно-пояснительную записку и пожарно-техническую карту.

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

1. Краткое описание технологического процесса.
2. Оценку пожаровзрывоопасных свойств веществ, обращающихся в производстве.
3. Оценку 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 возможных причин повреждения аппаратов; разработка необходимых средств защиты.
6. Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания.
7. Возможные пути распространения пожара.
8. Расчет категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.
9. Пожарно-профилактические мероприятия.

Выводы.

Литература.

Карта пожарной опасности и защиты выполняется в виде чертежа (см. раздел 3.9).

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Анализ пожарной опасности технологического процесса (аппаратов, предусмотренных вариантом задания) следует производить согласно методике М. В. Алексеева, изученной в теоретическом курсе. Основные вопросы, подлежащие обработке в курсовом проекте, и рекомендации для их решения изложены ниже.

### **3.1. Изучение технологического процесса**

Дать краткое описание технологического процесса. Разобраться в материальных потоках, изучить последовательность технологических операций. Уяснить процессы, протекающие в технологических аппаратах. Понять 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**

Пользуясь справочным пособием [8, 9, 10], следует установить пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов, а именно:

для жидкостей – химический состав, температуру кипения, плотность жидкости и ее 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 твердых 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 пожаровзрывоопасных свойств веществ (материалов) необходимо выписать из справочных пособий эти свойства, определить наиболее пожароопасные вещества (материалы), сделать краткий вывод.

### **3.3. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов при их нормальной работе**

В технологической схеме могут быть аппараты с горючими жидкостями, причем 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 гори-

горизонтальные емкости, 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), в пределах воспламенения (взрыва) или выше верхнего предела распространения пламени (воспламенения). Взрывоопасная концентрация паров в паровоздушном объеме аппарата при нормальной рабочей температуре образуется при выполнении условия:

$$t_{\text{ни}} \leq t_{\text{р}} \leq t_{\text{вп}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{ни}}$  и  $t_{\text{вп}}$  – нижний и верхний температурные пределы распространения пламени, соответствующие нижнему и верхнему концентрационным пределам распространения пламени;  $t_{\text{р}}$  – рабочая температура жидкости.

Результаты оценки пожарной опасности оформить в виде таблицы.

Следует также показать, как будет изменяться концентрация паров внутри аппарата при понижении уровня жидкости (в период её расхода), когда в аппарат начнёт поступать свежий воздух через дыхательную трубу и разбавлять паровоздушную смесь. Если в аппарате в какие-то периоды образуется взрывоопасная концентрация, опасность её можно подтвердить расчётом величины давления, которое образуется при взрыве, и внутреннего напряжения в стенке сосуда.

Величина давления, образующегося при взрыве, может быть определена по формуле:

$$p_{\text{взр}} = p_{\text{р}} \left( \frac{T_{\text{взр}}}{T_{\text{нач}}} \right)^{\left( \frac{m}{n} \right)} \quad (2)$$

где  $p_{\text{взр}}$  и  $p_{\text{р}}$  – конечное давление взрыва и начальное рабочее давление в аппарате перед взрывом;  $T_{\text{взр}}$  и  $T_{\text{нач}}$  – температура продуктов горения при взрыве и начальная температура горючей смеси;  $m$ ,  $n$  – количество молей в продуктах горения и в исходной смеси (определяется по уравнению реакции горения).

Следует посмотреть, предусмотрена ли защита против этой опасности, и, если таковой нет, решить, следует ли предлагать какие-либо мероприятия для предотвращения её. Если автор курсового проекта придет к заключению, что необходима защита аппарата инертным газом, требуемое время продувки аппарата инертным газом определяется по формуле:

$$\tau_{\text{кон}} = \frac{V}{q} \ln \frac{1}{1 - \varphi_{\text{к}}}, \quad (3)$$

где  $V$  – свободный объем аппарата, м<sup>3</sup>;  $q$  – расход инертного газа, м<sup>3</sup>/с;

$\varphi_k$  – предельно-допустимая концентрация горючего вещества (газа или пара) в аппарате, об. доли;  $\varphi_k$  может быть определена по формуле:

$$\varphi_k = \varphi_{\text{нп}} / 20, \text{ об. доли} \quad (4)$$

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, а также, если в аппарате с ЛВЖ или ГЖ давление выше или ниже атмосферного, оценка горючести внутренней среды производится сравнением величины рабочей концентрации газа с концентрационными пределами распространения пламени:

$$\varphi_{\text{н}} \leq \varphi_{\text{р}} \leq \varphi_{\text{в}}, \quad (5)$$

где  $\varphi_{\text{н}}$  и  $\varphi_{\text{в}}$  – соответственно нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени;  $\varphi_{\text{р}}$  – рабочая (фактическая) концентрация горючего газа или пара.

Когда аппараты заполнены газами или парами без наличия воздуха, то рабочая концентрация газа или пара в аппарате будет равна 100 %. Следовательно, она практически всегда выше верхнего концентрационного предела распространения пламени, т.е. опасность взрыва (взрывоопасная концентрация) отсутствует. Однако она может возникать в периоды остановки и пуска;

Если аппараты заполнены жидкостью и сжиженным горючим газом, 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 распространения пламени, а путем сравнения действительной концентрации паров с нижним концентрационным пределом распространения пламени. Если концентрация окажется в пределах распространения пламени, следует предложить меры, обеспечивающие снижение концентрации до безопасных пределов.

Меры пожарной профилактики описаны в работах [4, 5, 6].

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

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



Следует определить, имеются ли такие аппараты в технологической схеме.

Аппараты с переменным уровнем жидкости. Прежде всего, нужно указать, является ли выброс паровоздушной смеси через дыхательную трубу пожаровзрывоопасным. Концентрация паровоздушной смеси может быть взрывоопасной, если выполняется условие:

$$\varphi_s \geq \varphi_{\text{нп}} \quad (6)$$

где  $\varphi_s$  – концентрация насыщенного пара при рабочей температуре жидкости, определяемая по формуле:

$$\varphi_s = \frac{p_s}{p_p}, \quad (7)$$

где  $p_s$  – давление насыщенного пара жидкости при рабочей температуре, Па;  $p_p$  – рабочее давление паровоздушной смеси в аппарате (абсолютное давление в герметичном аппарате или атмосферное давление  $p_{\text{атм}}$  в «дышащем» аппарате), Па.

Если выброс паров опасен, следует определить, какое количество паров будет выходить наружу за один цикл «большого» или «малого» дыхания. Количество паров, которое может выйти из аппарата за один цикл «большого» дыхания определяется по формуле:

$$G_{\text{п}} = V_{\text{ж}} \frac{p_{\text{атм}}}{T_p} \varphi_{\text{п}} \frac{M}{R}, \quad (8)$$

где  $G_{\text{п}}$  – количество выходящих паров из заполненного жидкостью аппарата, кг/цикл;  $V_{\text{ж}}$  – объем жидкости, поступающей в аппарат, м<sup>3</sup>;  $p_{\text{атм}}$  – атмосферное давление, Па;  $T_p$  – рабочая температура жидкости, К;  $\varphi_{\text{п}}$  – концентрация паров жидкости в аппарате, об. доли;  $M$  – молекулярная масса жидкости, кг/кмоль;  $R = 8314,31$  Дж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

Количество паров, которое может выйти из аппарата за один цикл «малого» дыхания определяется по формуле:

$$G_{\text{п}} = V_{\text{св}} p_{\text{атм}} \left( \frac{1 - \varphi_{\text{п1}}}{T_1} - \frac{1 - \varphi_{\text{п2}}}{T_2} \right) \frac{\varphi_{\text{п}} M}{1 - \varphi_{\text{п}} R} \quad (9)$$

где  $G_{\text{п}}$  – потери паров при «малом» дыхании, кг;  $V_{\text{св}}$  – свободный объем (объем паровоздушной смеси), м<sup>3</sup>;  $\varphi_{\text{п1}}$  и  $\varphi_{\text{п2}}$  – концентрация паров в смеси в начале и в конце дыхания соответственно, об. доли;  $T_1$  и  $T_2$  – температура паровоздушной смеси в начале и в конце дыхания соответственно, К;

$\bar{\varphi}_{\Pi}$  – средняя концентрация паров в смеси, величина которой определяется по формуле:

$$\bar{\varphi}_{\Pi} = \frac{\varphi_{\Pi 1} + \varphi_{\Pi 2}}{2}, \text{ об. доли}; \quad (10)$$

$\rho$  – плотность компонента смеси, кг/м<sup>3</sup>.

Объем жидкости в аппарате можно определить из выражения:

$$V_{\text{ж}} = \varepsilon \cdot V_{\text{ап}}, \quad (11)$$

где  $\varepsilon$  – степень заполнения аппарата жидкостью;  $V_{\text{ап}}$  – геометрический объем аппарата, м<sup>3</sup>.

Объем взрывоопасной зоны вблизи места выхода паров (газа) определяется по формуле:

$$V_{\text{вок}} = \frac{G_{\Pi}}{\varphi_{\text{н}}^*} K_{\text{б}}, \quad (12)$$

где  $V_{\text{вок}}$  – объем взрывоопасной зоны, м<sup>3</sup>;  $\varphi_{\text{н}}^*$  – нижний концентрационный предел распространения пламени, кг/м<sup>3</sup>.

Затем следует сделать общий вывод (с учетом пожаровзрывоопасности сооружений, экономики и опасности выброса паров для окружающей среды), выяснить меры, принятые для снижения указанной опасности, и, если их недостаточно, рекомендовать дополнительные (см. [4, 5, 6]).

### **3.5. Анализ причин повреждения аппаратов, разработка необходимых средств защиты**

Аппараты и трубопроводы могут повреждаться от образования повышенных против норм давлений; появления динамических воздействий; образования высоких температурных напряжений в материале стенок или от изменения прочностных свойств материала в результате воздействия высоких и низких температур; коррозии материала стенок или эрозии (механического истирания стенок).

Эту общую схему анализа причин повреждений слушатель должен применить к конкретным аппаратам своего варианта курсового проекта, причем можно идти двумя путями: либо все выявленные причины повреждений аппаратов рассматривать для каждого аппарата своего варианта задания, либо каждую причину повреждений рассматривать для всех аппаратов, а затем переходить к следующей причине.

Независимо от избранного пути должны предлагаться соответствующие меры защиты от выявленных повреждений. В качестве примера рас-

смотрим схему, когда названные причины повреждений рассматриваются применительно ко всем аппаратам варианта курсового проекта.

**Образование повышенного давления в аппаратах.** При исследовании возможности образования повышенного давления в аппаратах следует:

1. 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.

Приращение давления в аппарате при наличии в нем отложений или пробок определяется по формуле:

$$\Delta p = (\lambda l/d)\rho u^2/2, \quad (13)$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения при движении продукта по трубе;  $d$  – диаметр трубы;  $\rho$  – плотность вещества;  $u$  – скорость потока;  $l$  – длина трубопровода.

2. 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 реально могут иметь место, их следует указать. При этом можно показать расчетом, на какую величину может повыситься давление в полностью заполненных аппаратах с жидкостями или сжиженными газами при повышении температуры на определенную величину:

$$\Delta p = \frac{\beta - 3\alpha}{\beta_{сж}} \cdot \Delta t, \quad (14)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного расширения жидкости,  $K^{-1}$ ;  $\beta_{сж}$  – коэффициент объемного сжатия жидкости,  $Pa^{-1}$ ;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения материала стенок аппарата,  $K^{-1}$ ;  $\Delta t$  – изменение температуры в аппарате,  $^{\circ}C$ .

Общее давление в аппарате будет:

$$p_{общ} = p_{раб} + \Delta p, \quad (15)$$

где  $p_{раб}$  – рабочее (начальное) давление жидкости в аппарате, МПа;  $\Delta p$  – приращение давления, МПа.

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, рассмотреть его и определить величину приращения давления по формуле:

$$\Delta p = p_0 \cdot \frac{\alpha G_{\text{п}} \tau}{100 V_{\text{св}} \rho_t}, \quad (16)$$

где  $\Delta p$  – приращение давления в системе, Па;  $\alpha$  – степень полноты конденсации паров, %;  $G_{\text{п}}$  – производительность по пару, кг/с;  $\tau$  – продолжительность нарушения процесса конденсации паров, с;  $p_0$  – давление окружающей среды, Па;  $V_{\text{св}}$  – свободный объем аппарата или системы, м<sup>3</sup>;  $\rho_t$  – плотность паров жидкости при температуре и давлении в аппарате, кг/м<sup>3</sup>.

3. Установить, могут ли быть причины, приводящие к попаданию в высоконагретые аппараты легкокипящих жидкостей. Если это возможно, объяснить и подтвердить расчетом, к каким последствиям это может привести. Приращение давления при попадании в высоконагретые аппараты легкокипящих жидкостей определяется по формуле:

$$\Delta p = 0,082 \cdot p_0 \cdot \frac{m \cdot (t_p + 273)}{M \cdot V_{\text{св}}}, \quad (17)$$

где  $m$  – масса низкокипящей жидкости, попавшей и испарившейся в аппарате, кг;  $t_p$  – рабочая температура в высоконагретом аппарате, °С;  $M$  – молекулярная масса жидкости, попавшей в аппарат, кг/кмоль.

Если доказали, что возможно образование повышенного давления в аппарате, то следует проверить, защищен ли он предохранительным клапаном. Если клапана нет, определить необходимую площадь его сечения по формуле:

$$F = \frac{7,141 \cdot 10^{-4} \cdot G_{\text{max}}}{\varphi \cdot B \cdot \sqrt{(p_{\text{ср}} - p_{\text{вх}}) \cdot \rho_t}}, \quad (18)$$

где  $F$  – необходимая площадь проходного сечения пружинного предохранительного клапана, м<sup>2</sup>;  $G_{\text{max}}$  – максимальная производительность клапана по парогазовой среде, кг/с;  $\varphi$  – коэффициент расхода среды через клапан;  $p_{\text{ср}}$  – избыточное давление срабатывания клапана;  $p_{\text{вх}}$  – избыточное давление за предохранительным клапаном;  $\rho_t$  – плотность среды.

Или определить максимальную производительность пружинного предохранительного клапана по парогазовой среде по формуле:

$$G_{\max} = 1,41 \alpha F_{\kappa} B \sqrt{(p_{\text{ср}} - p_{\text{вх}}) \rho_t}, \quad (18a)$$

где  $\alpha$  – коэффициент расхода;  $F_{\kappa}$  – фактическая площадь проходного сечения клапана:

$$F_{\kappa} = 0,785 d_c^2, \text{ м}^2$$

где  $d_c$  – диаметр сопла предохранительного клапана, м;  $B$  – коэффициент, принимаемый по таблице п.6 приложения 2; для жидкостей (если через клапан выходит жидкость) он принимается равным единице.

**Образование динамических воздействий в аппаратах.** При исследовании возможности образования динамических воздействий в аппаратах необходимо выяснить:

могут ли быть опасные вибрации;

могут ли быть гидравлические удары и по каким причинам. Приращение давления в трубопроводе при полном гидравлическом ударе определяется по формуле Н. Е. Жуковского:

$$\Delta p = c \cdot \Delta \omega \cdot \rho_t \quad (19)$$

где  $c$  – скорость распространения ударной волны,

$$c = \sqrt{\frac{E_{\text{ж}}}{\rho_t}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{E_{\text{ж}} \cdot d}{E \cdot s}}}, \quad (20)$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубопровода;  $s$  – толщина стенки трубопровода;  $E$  – модуль упругости материала трубопровода;  $E_{\text{ж}}$  – модуль упругости жидкости (величина, обратная коэффициенту объемного сжатия жидкостей  $\beta_{\text{сж}}$ ).

Скорость распространения ударной волны может быть также определена (по выбору слушателя) по формуле:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho_t \cdot \beta_{\text{сж}}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{d}{\beta_{\text{сж}}} \cdot \frac{E \cdot s}{E_{\text{ж}}}}}, \quad (21)$$

где  $\beta_{\text{сж}}$  – коэффициент объемного сжатия жидкости плотность жидкости;  $\Delta \omega$  – уменьшение скорости движения жидкости в трубопроводе, м/с,

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

где  $\omega_{\text{нач}}$  и  $\omega_{\text{кон}}$  – начальная и конечная скорости движения продукта в трубопроводе, м/с; (часто  $\omega_{\text{кон}} = 0$ ).

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

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

- есть ли толстостенные аппараты;

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

- представляет ли опасность действие низких температур (минус 30 °С и ниже) на аппараты, размещенные на открытых площадках. Если аппараты выполнены из материала Ст. 3 кипящих мартеновских плавок и не имеют теплоизоляции, предложить соответствующую защиту.

**При исследовании причин, приводящих к химическому износу материала (коррозии),** следует установить:

- обладает ли коррозионными свойствами продукт, находящийся в аппарате;

- имеет ли продукт в своем составе 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.

### **3.6. Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания**

При выяснении возможности появления технологических источников зажигания 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, исключаящие контакт горючих веществ с факелами пламени при авариях на установке. Если отсутствует защита или о ней нет сведений, предложить ее;

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

– выявить, может ли иметь место опасное тепловое проявление химических реакций; наличие в аппаратах веществ, нагретых до температуры, превышающей температуру их самовоспламенения; наличие веществ или отложений на стенках, способных самовозгораться при соприкосновении с воздухом, а также способных воспламеняться при взаимном контакте, контакте с воздухом или при соприкосновении с водой;

– указать, какие мероприятия следует осуществить, чтобы исключить подобные источники зажигания;

– выявить возможность образования источников зажигания от теплового проявления механической энергии; при наличии конвейеров, аппаратов с мешалками, при использовании скребковых инструментов для очистки поверхности, при открывании люков загрузочных (световых и замерных) на аппаратах источниками зажигания могут являться 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. д.) – разряды атмосферного электричества и т. п.

### **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 представит для аппаратов, зданий и сооружений, каковы могут быть последствия. После такой общей характеристики следует:

1. Установить, какое количество горючих веществ (примерно) может находиться одновременно на установке; какова удельная загрузка, а, следовательно, возможная длительность и примерная температура пожара. Выяснить, есть ли возможность уменьшения количества горючих веществ при аварии и пожаре, установить наличие аварийных сливов и аварийного стравливания горючих газов и т. п.

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

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

4. Выявить, 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; воздухопроводы вентиляции, в том числе с наличием горючих отложений на внутренней поверхности и т.п. При отсутствии соответствующей защиты по указанным выше направлениям предложить ее. Затем следует дать расчет гравийного огнепреградителя (т. е. определить диаметр зерна гравия и высоту слоя огнетушащей насадки) для защиты дыхательной или другой линии, которая требует защиты.

Критический диаметр отверстий огнепреградителя определяется по формуле:

$$d_{кр} = \frac{Pe \cdot \lambda \cdot R \cdot T}{u_n \cdot c_p \cdot p_p}, \quad (22)$$

где  $Pe = 65$  – критерий Пекле на пределе гашения пламени;  $p_p = 10^5$  Па – атмосферное давление;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности горючей смеси, Вт/(м·К);  $T$  – температура окружающей среды К;  $u_n$  – нормальная скорость распространения пламени, м/с;  $c_p$  – удельная теплоемкость горючей паровоздушной смеси, Дж/(кг·К),

$$c_p = \varphi_{п} \cdot c_{рг} + (1 - \varphi_{п}) \cdot c_{рв}, \quad (23)$$

$c_{рг}$  и  $c_{рв}$  – удельная теплоемкость соответственно газа или пара и воздуха;  $\varphi_{п}$  – концентрация паров ЛВЖ в воздухе, об. доли.

Коэффициент теплоемкости горючей смеси находится по формуле:

$$\lambda = \varphi_{п} \cdot \lambda_{г} + (1 - \varphi_{п}) \lambda_{в}, \quad (24)$$

где  $\lambda_{в}$  – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К);  $\lambda_{г}$  – коэффициент теплопроводности паров ЛВЖ, Вт/(м·К);  $R$  – газовая постоянная горючей смеси.

4. Выяснить, есть ли возможность уменьшения количества горючих веществ при аварии и пожаре, установить наличие аварийных сливов и аварийного стравливания горючих газов и т.п.

Необходимый диаметр трубопровода аварийного слива можно определить по формуле:

$$d_{тр} = 0,758 \cdot \sqrt{\frac{V_{ж}}{\tau_{опор} \varphi_{сист} (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})}}, \quad (24)$$

где  $\tau_{опор} = 15$  мин = 900 с – время опорожнения;  $H_1$  и  $H_2$  – соответственно максимальный и минимальный уровень жидкости в аппарате при аварий-



ном сливе, м;  $V_{\text{ж}}$  – объем сливаемой жидкости, м<sup>3</sup>;  $\varphi_{\text{сист}}$  – коэффициент расхода системы, определяемый по формуле:

$$\varphi_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3 \sum \zeta_{\text{сист}}}}, \quad (25)$$

где  $\sum \zeta_{\text{сист}}$  – суммарный коэффициент местных сопротивлений системы аварийного слива, определяемый из выражения:

$$\sum \zeta_{\text{сист}} = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{г}} + \zeta_{\text{п}} + \zeta_{\text{вых}} + \zeta_{\text{з}}, \quad (26)$$

где  $\zeta_{\text{вх}}$ ,  $\zeta_{\text{г}}$ ,  $\zeta_{\text{п}}$ ,  $\zeta_{\text{вых}}$ ,  $\zeta_{\text{з}}$  – соответственно коэффициенты местных сопротивлений входа в аварийный трубопровод, гидрозатвора, поворотов, выхода из трубопровода в аварийную емкость и задвижек.

Аварийный трубопровод обычно имеет вход с плавными закруглениями, задвижку с электроприводом, гидравлический затвор, два плавных поворота, с учетом поворота 90° при  $R = 5d_{\text{тр}}$ .

Величину коэффициента местного сопротивления выходу ЛВЖ из трубопровода в аварийную емкость можно принять  $\zeta_{\text{вых}} = 0,5$ . Для входа в аварийный трубопровод из аппарата  $\zeta_{\text{вх}} = 0,5$ ; для задвижки  $\zeta_{\text{з}} = 0,5$ ; гидрозатвора  $\zeta_{\text{г}} = 1,3$ ; двух поворотов  $\zeta_{\text{п}} = 0,5$ .

6. Установить, в каких помещениях и для каких аппаратов следует иметь стационарные системы 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 категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с СП 12.13130.2009 [3] следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещений к категориям, приведенным в табл. 1 [3] – от высшей (А) к низшей (Д). В качестве расчетного критерия взрывопожарной опасности следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии, исходя из проведенного анализа пожарной опасности технологического процесса, в соответствии с вариантом задания на курсовой проект.

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

- а) происходит расчетная авария аппарата, содержащего наибольшее количество самого пожаровзрывоопасного вещества;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;

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

Расчетное время определяется из СП 12.13130.2009 [3], исходя из того, что при наличии автоматической системы отключения оно не обеспечено резервированием ее элементов, а при отсутствии автоматической системы отключение задвижек производится ручным способом.

Критерием оценки взрывопожарной и пожарной опасности помещений является избыточное давление взрыва, которое определяется для индивидуальных веществ (стирол, этилбензол, ацетон, метиловый спирт и т. п.) по формуле А.1 [3], а для смесей (нефть, бензин, дизельное топливо и т. п.), а также для индивидуальных веществ, кроме упомянутых в п. А.2.2 [3], по формуле А.4 [3].

Наличие аварийной вентиляции учитывается в соответствии с п. А.2.3, масса газа, поступившего в помещение, определяется по п. А.2.4, масса паров жидкости – по п. А.2.5. [3]. В расчетах интенсивности испарения следует учесть рекомендации п. А.2.5 [3].

Если согласно расчету категория производственного помещения по взрывопожарной опасности относится к категории А или Б, то следует определить требуемую площадь легкобрасываемых конструкций.

### 3.9. Разработка карты пожарной опасности и защиты

После анализа пожарной опасности, разработки пожарно-профилактических мероприятий, определения категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности следует разработать карту пожарной опасности и защиты, которая выполняется в виде чертежа в соответствии с требованиями ЕСКД на стандартном листе чертежной бумаги формата А1.

Карта пожарной опасности и защиты включает:

- принципиальную технологическую схему производства;
- факторы пожарной опасности;
- мероприятия по защите.

<p style="text-align: center;">Поле 1 Принципиальная технологическая схема</p>	<p style="text-align: center;">Поле 2 Характеристика пожарной опасности и защиты технологического процесса</p>
--	--

Карта пожарной опасности и защиты включает:

- принципиальную технологическую схему производства;
- факторы пожарной опасности;
- мероприятия по защите.

При разработке принципиальной технологической схемы желательно руководствоваться следующими рекомендациями. Факторы пожарной опасности процесса должны отражать:

- пожаровзрывоопасные свойства веществ;
- возможность возникновения пожара (место, причины);
- причины повреждения аппаратов и трубопроводов;
- источники зажигания;
- возможные пути распространения пожара;
- опасность для жизни людей и 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;

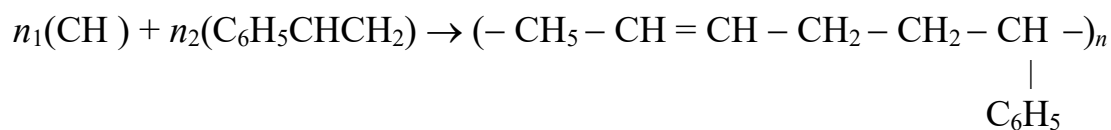
в графе 2 за определенным порядковым номером кратко излагаются наиболее характерные виды (факторы) пожарной опасности в соответствии с выполненным анализом пожарной опасности, методика которого изложена в разделах 3.1- 3.7 настоящих методических указаний

в графе 3 напротив каждого фактора пожарной опасности указываются меры защиты капитального или эксплуатационного характера, которые по возможности должны учитывать все направления противопожарной защиты аппарата или установки.

## 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 4.1. Производство бутадиенстирольного каучука эмульсионной сополимеризацией бутадиена и стирола (вариант от 00 до 29)

**Сущность процесса.** Химическая реакция процесса эмульсионной полимеризации следующая:



Молекула дивинилстирольного каучука имеет линейную структуру, молекулярная масса ее находится в пределах 80-100 тыс.

Бутадиенстирольный каучук получают различного состава в зависимости от соотношения мономеров в эмульсии. Соотношение мономеров может быть следующим по массе: бутадиен – 50-90 %, стирол – 50-10 %.

Процент стирола в каучуке указывается на его марке. Например, СКС-30А имеет в своем составе 70 % бутадиена, 30 % стирола и т. д.

Кроме того, в состав эмульсии входят (исходя из суммарной массы мономеров): эмульгатор – 0,2-2 %; стабилизатор – 2-5 %; инициатор – 0,1-1,0 %; регулятор степени полимеризации – 4-6 %. Воду и мономеры берут примерно в отношении 1:1.

В процессе получения синтетического каучука в него могут добавлять, кроме вышеуказанных, другие вещества, улучшающие качество каучука. Так, например, в латекс могут добавлять 10-17 % машинного масла. При этом получают маслonaполненный каучук (СКС-30АМ). Могут добавлять сажу, получая при этом саженаполненный каучук, используемый в резинотехнической промышленности.

Поточность технологического процесса видна из упрощенной технологической схемы эмульсионной полимеризации бутадиена и стирола, приведенной на рис. 1.

Дивинил-ректификат (бутадиен) из емкости 1 и стирол-ректификат из емкости 2 насосами в требуемой пропорции подают в смеситель 3. После интенсивного перемешивания мономеры закачивают в напорный бак 4.

В смесителе 5 готовят водную фазу, заливая в него очищенную воду, водный раствор некаля (алкилнафталинсульфокислота), олеиновую кислоту и едкий натр для ее омыления. Смесь мономеров и водную фазу в пропорции 1:1 непрерывно подают в первый аппарат 6 полимеризационной батареи, которая состоит из 12-20 полимеризаторов, включенных последовательно и соединенных между собой переточными трубами. Из первого аппарата эмульсия перетекает во второй и так проходит все аппараты.

В первый, четвертый и восьмой полимеризаторы вводят инициатор – 4 %-ный водный раствор персульфата калия или (чаще всего) раствор гипериза (гидроперекись изопропилбензола) в эмульгаторе. Во второй, пятый и девятый полимеризаторы подают раствор регулятора (5 %-ный водный раствор дипроксида). По мере прохождения водной эмульсии через каждый полимеризатор степень превращения мономеров возрастает примерно на 5 %, так что суммарная степень полимеризации достигает 55-60 %.

Каждый полимеризатор представляет собой цилиндрический сосуд емкостью от 8 до 20 м<sup>3</sup> с мешалками и рубашкой. Внутри полимеризаторов расположены дополнительные поверхности охлаждения в виде змееви-

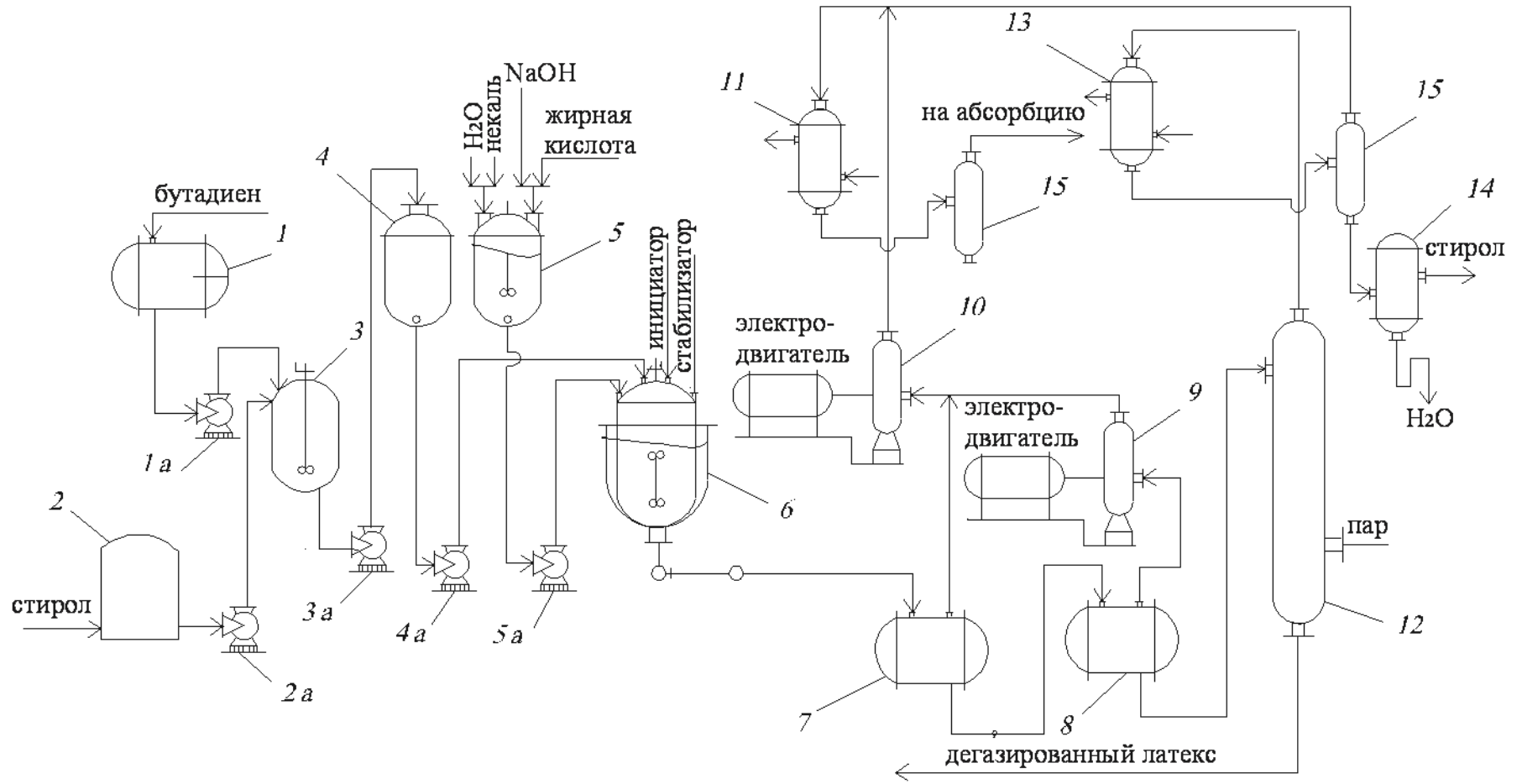


Рис. 1. Технологическая схема эмульсионной полимеризации бутадиена и стирола



ков. Температуру в полимеризаторах поддерживают от 50 до 0 °С (в зависимости от марки каучука).

Латекс, полученный из последнего полимеризатора и содержащий до 55 % полимера, после стабилизации неозоном Д (негорючее вещество) направляют в сборник 7, в котором давление снижают до 0,02-0,04 МПа изб., а затем в сборник 8, в котором давление еще меньше. При этом из латекса выделяют основное количество незаполимеризовавшегося дивинила, пары которого вакуум-насосами 9 и 10 подают в конденсатор 11, в котором бутadiен сжижают при давлении 0,4 МПа (4 атм) и вновь используют в производстве.

Из сборника 8 латекс поступает в отпарную тарельчатую колонну 12, работающую под вакуумом. В этих условиях из латекса отгоняют пары оставшегося дивинила, стирола и воды. Пары стирола и воды поступают в конденсатор 13, неконденсирующиеся пары из сепаратора 15 поступают в конденсатор 11. Стирол, поступивший из сепаратора 15, отделяют от воды в сепараторе 14 и направляют вновь в производство.

Из нижней части колонны 12 получают освобожденный от мономеров (дегазированный) латекс, который насосом подают на узел коагуляции, куда одновременно с ним поступает раствор хлористого кальция и 10 %-ный раствор уксусной кислоты. Коагулированный латекс непрерывно направляют на лентоотливочную машину, отжимают от воды и уплотняют пресс-вальцами. Затем влажную каучуковую ленту подают в паровые сушилки на сушку до влажности 1 %. Лента каучука из сушилки проходит ряд вальцев. При этом ее опудривают, наматывают в рулоны по 50-100 кг каждый и направляют на склад готовой продукции.

Позиция на рис. 1	Исходные данные	Данные для вариантов									
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
<b>Смеситель (стирол + бутадиен)</b>											
3	Диаметр, м	2	2,	3	2,4	2,5	2,6	2,2	2,3	2,4	2,5
	Высота, м	1,8	2	2	2,2	2,2	2	2	1,8	2,2	2,4
	Температура, °С	20	25	30	34	38	45	50	30	34	40
	Давление, МПа	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,14	0,12	0,14	0,16
	Защита от повышения давления	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
	Наличие аварийного слива	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть	Есть
	Диаметры линий подачи стирола и бутадиена, мм	75	80	75	80	75	75	80	85	80	75
Диаметр трубопровода откачки смеси бутадиена и стирола, мм	80	80	90	100	100	100	90	80	80	80	
<b>Насос для подачи стирола-ректификата</b>											
2а	Давление рабочее, МПа	0,15	0,2	0,25	0,3	0,25	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3
	Рабочая температура, °С	30	30	35	35	30	35	30	35	30	35
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	110	115	120	100	110	115	120	100	90
	Диаметр нагнетательной линии, мм	50	65	50	65	50	65	75	75	50	50
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	25	30	30	25	30	30	25	30	25	30
Производительность, л/с	15	10	20	25	30	35	40	10	20	25	
<b>Резервуар (емкость) стирола</b>											
2	Объем, м <sup>3</sup>	50	60	70	80	50	60	70	80	70	60
	Степень заполнения, %	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9
	Рабочая температура, °С	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
	Количество емкостей, шт.	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
	Размеры вертикальных емкостей, м:	диаметр	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	3,5	3
высота		4	4	5	5	5	4	5	4	5	4



Окончание табл. 1

Позиция на рис. 1	Исходные данные	Данные для вариантов									
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	Диаметр линий для закачки стирола в емкости, м	100	110	115	120	100	110	115	120	100	90
	Диаметр линий для откачки стирола, мм	75	80	75	80	75	75	80	85	80	75
	Защита дыхательных линий	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК
	Степень заполнения емкостей	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95
	Наличие аварийного слива из емкостей	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
	Расстояние до задвижек, м	5	5	6	6	7	7	6	6	5	5
	Привод задвижек на трубопроводах	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Ручн.
	Средства тушения	Пена	Нет	Пена	Нет	Нет	Пена	Нет	Пена	Пена	Нет
<b>Насосная станция подачи стирола и бутадиена</b>											
	Ширина помещения, м	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Длина помещения, м	6	8	9	8	9	9	8	8	6	6
	Высота помещения, м	5	5	6	5	5	6	5	5	5	5
	Кратность воздухообмена аварийной вентиляции, 1/ч	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
	Длина линии до задвижки, м	5	7	8	7	8	7	7	7	5	5
	Количество насосов, шт.	4	4	6	4	6	6	4	4	4	4
	Отключение задвижек	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.
	Средства тушения	Пар	Пар	Пар	Пена	Пена	Пена	Пар	Пар	Пар	Пар
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	8	10	12	14	16	18	16	14	12	16



Окончание табл. 2

Позиция на рис. 1	Исходные данные	Данные для вариантов									
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Помещение цеха полимеризации</b>											
	<i>Длина, м</i>	24	26	26	28	30	30	30	32	32	34
	<i>Ширина, м</i>	12	12	12	12	14	8	8	12	12	12
	<i>Высота, м</i>	8	8	8	8	6	6	6	6	8	8
	<i>Количество полимеризаторов в помещении, шт.</i>	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
	<i>Кратность аварийной вентиляции, 1/ч</i>	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8
	<i>Скорость воздуха при работе вентиляции, м/с</i>	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5
	<i>Расстояние от полимеризаторов до задвижек, м</i>	6	8	5	5	6	6	5	5	7	7
	<i>Привод задвижек</i>	<i>Ручн.</i>	<i>Ручн.</i>	<i>Ручн.</i>	<i>Авт.</i>	<i>Авт.</i>	<i>Авт.</i>	<i>Ручн.</i>	<i>Ручн.</i>	<i>Авт.</i>	<i>Ручн.</i>
	<i>Средства тушения</i>	<i>Нет</i>	<i>Нет</i>	<i>Нет</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>	<i>Пена</i>
	<i>Ограничение растекания, % от площади</i>	<i>Нет</i>	<i>Нет</i>	50	40	<i>Нет</i>	60	<i>Нет</i>	<i>Нет</i>	30	<i>Нет</i>
	<i>Площадь остекления, м<sup>2</sup></i>	20	18	16	20	22	24	26	22	24	26

Позиция на рис. 1	Исходные данные	Данные для вариантов										
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
<b>Отпарная тарельчатая ректификационная колонна</b>												
12	Диаметр, м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,5	1,6	1,7	1,8	
	Высота, м	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	
	Температура низа колонны, °С	90	95	85	95	100	90	90	95	95	100	
	Температура верха колонны, °С	70	80	75	85	90	70	75	80	85	90	
	Давление рабочее, МПа	0,05	0,06	0,07	0,08	0,075	0,065	0,06	0,065	0,07	0,08	
	Объем парового пространства, %	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,7	0,75	0,8	
	Средства тушения	Вод. пар	Орош.	Вод. пар	Орош.	Вод. пар	Вод.	Вод. пар	Вод.	Вод.	Орош.	Орош.
<b>Сборник латекса (65 % латекса, 10 % дивинила, 20 % стирола, 5 % воды)</b>												
8	Объем, м <sup>3</sup>	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	
	Степень заполнения, %	0,8	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,7	0,8	0,75	0,85	
	Рабочая температура, °С	20	25	30	35	40	45	50	30	35	40	
	Давление, МПа	0,12	0,122	0,123	0,124	0,12	0,15	0,14	0,13	0,145	0,12	
	Защита от повышения давления	ДК	ПК	ДК	ДК	ДК	ПК	ПК	ПК	ПК	ДК	
	Диаметр трубопроводов, мм:	поступления латекса	65	70	75	80	65	70	75	80	70	80
		отвода латекса в колонну	50	65	65	75	55	60	65	75	65	70
		отбора паров бутадиена	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
аварийного слива		50	50	65	65	65	55	65	65	60	70	
<b>Сепаратор отделения стирола от воды</b>												
14	Диаметр, м	1	1,2	1,4	1,6	1	1,2	1,4	1,6	1	1,2	
	Высота, м	1,5	1,7	1,9	2	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	
	Высота слоя стирола, м	0,6	0,8	1	1	0,6	0,8	1,1	1	0,6	0,8	
	Температура жидкости, °С	20	22	24	26	18	20	22	24	26	18	
	Давление, МПа	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102	
	Контроль уровня стирола	Смотровое стекло			Авт.	Авт.	Авт.	Авт.	Смотровое стекло			

Позиция на рис. 1	Исходные данные	Данные для вариантов									
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<b>Помещение сепараторов и вакуум-насосов</b>											
	Длина помещения, м	24	18	30	18	24	30	18	24	30	18
	Ширина помещения, м	10	12	8	12	10	8	12	10	8	12
	Высота помещения, м	8	10	6	10	8	6	10	8	6	10
	Кратность воздухообмена аварийной вентиляции, 1/ч	8	10	7	10	8	6	10	8	6	10
	Скорость воздухообмена (движения воздуха в помещении), м/с	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4
	Температура стирола в сепараторе, °С	20	22	24	26	18	20	22	24	26	18
	Диаметр линии, мм	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Расстояние до задвижек, м	14	12	16	12	14	16	12	14	16	12
	Привод задвижек	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Авт.	Ручн.	Авт.
	Средства тушения	Пена	Нет	Пена	Нет	Нет	Нет	Пена	Пена	Вод. пар	Вод. пар
	Количество сепараторов, шт.	3	2	4	2	3	4	2	3	4	2
	Количество насосов, шт.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Производительность насоса, м <sup>3</sup> /мин	0,15	0,16	0,18	0,2	0,15	0,16	0,18	0,2	0,15	0,16
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	12	14	14	16	16	18	18	20	14	16

## 4.2. Цех окраски изделий с краскоприготовительным отделением (вариант от 30 до 49)

Окрасочный цех автомобилестроительного и тракторостроительного заводов предназначен для окраски и сушки металлических деталей машин. Перед окраской поверхность окрашиваемых деталей очищают от коррозии и обезжиривают. Необходимое количество лакокрасочного материала приготавливается в краскоприготовительном отделении цеха путем разбавления полуфабрикатов эмалей растворителем 646 при окраске автомобильных деталей и растворителем Р-5 при окраске тракторных деталей.

Для окраски автомобильных деталей используется эмаль ХВ-16, серо-голубая (ТУ 6-10-1301–78). Состав, % от массы: сухой остаток 25,5; летучая часть: бутилацетат 10, ацетон 28, толуол 20, ксилол 42. Температура вспышки менее  $-2^{\circ}\text{C}$  (о. т.); температура самовоспламенения  $541^{\circ}\text{C}$ ; температурные пределы распространения пламени: нижний  $-7^{\circ}\text{C}$ , верхний  $19^{\circ}\text{C}$ .

Для окраски тракторных деталей используется эмаль НЦ-132П (светло-серая). Состав, % от массы: сухой остаток 35,5; летучая часть: бутилацетат 12,5, этилацетат 7, ацетон 5, изобутанол 20,5, этанол 40. Температура вспышки  $-1^{\circ}\text{C}$  (з. т.),  $10^{\circ}\text{C}$  (о. т.); температура воспламенения  $10^{\circ}\text{C}$ , температура самовоспламенения  $395^{\circ}\text{C}$ .

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. 2) и дано описание технологического процесса, общего для цеха окраски автомобильных и тракторных деталей.

**Процесс приготовления краски** заключается в следующем. В краскоприготовительное отделение цеха насосом 1 подается необходимое количество растворителя, которое отмеривается мерником 2 и сливается в лопастный аппарат-растворитель 3. Одновременно в аппарат-растворитель 3 из емкости (мерника) 4 подается эмаль ХВ-16 или эмаль НЦ-132П.

В аппарате 3 при непрерывной работе мешалки и при подогреве его горячей водой (до температуры  $40^{\circ}\text{C}$  на автомобильном заводе и до  $50^{\circ}\text{C}$  на тракторном заводе) происходит растворение и разбавление полуфабриката до требуемого готового состава эмали. Приготовленная эмаль 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 эмаль поступает в циркуляционную линию, в которой она непрерывно циркулирует за счет работы насоса 8 по кольцевой линии 9 до окрасочной камеры 12 и обратно.

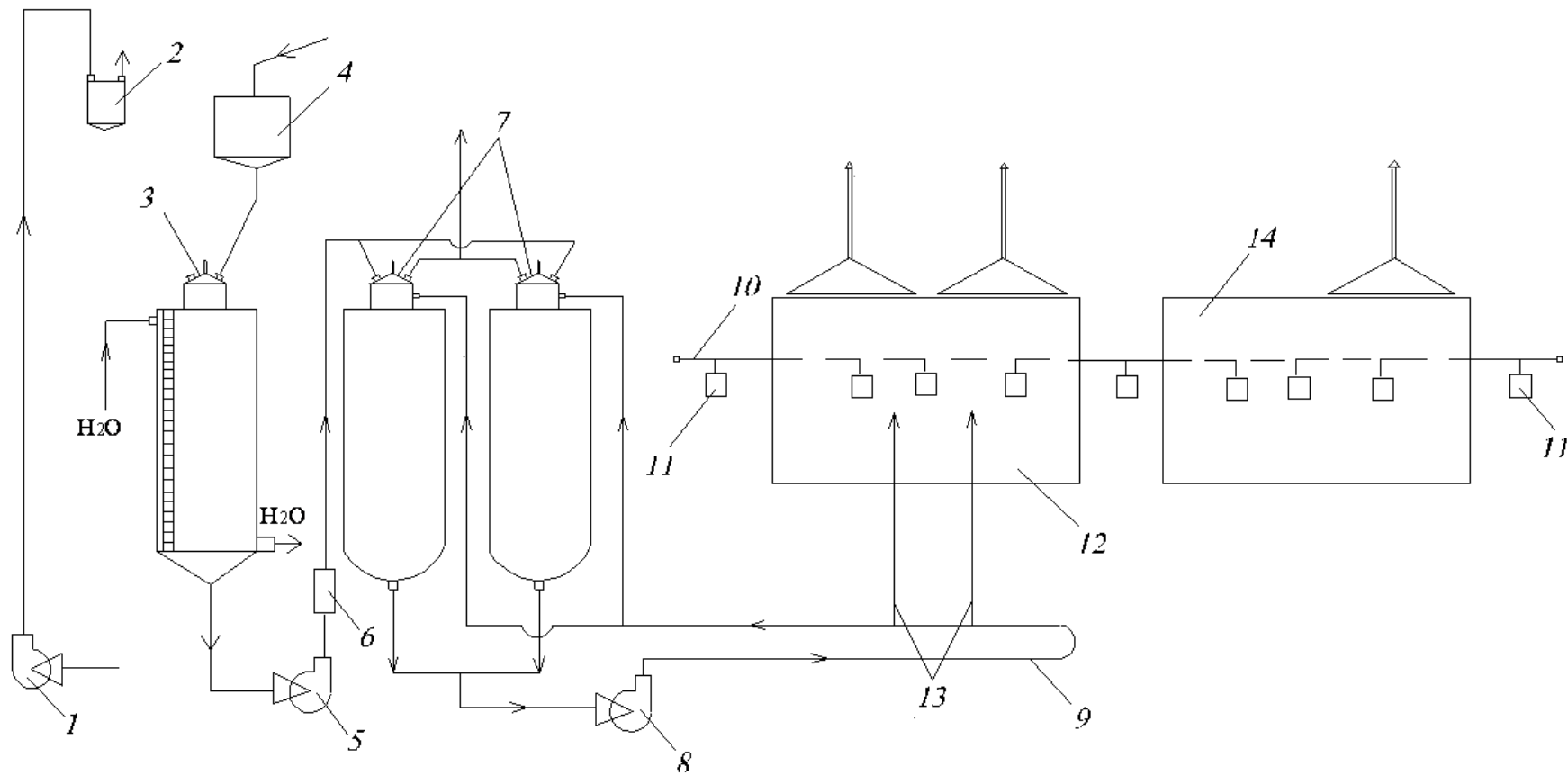


Рис. 2. Схема технологического процесса окраски изделий

**Процесс окраски и сушки деталей.** Подлежащие окраске металлические детали поступают из соседних цехов в помещение цеха окраски. Здесь детали навешивают на конвейер *10* и он доставляет их в камеру для механической и химической очистки от грязи и коррозии и для обезжиривания (на схеме не показана). Химическая очистка осуществляется слабыми водными растворами фосфорной кислоты и ПАВ (поверхностно-активных веществ).

После очистки и промывки деталей водой конвейер доставляет их в камеру сушки обезжиренных деталей (на схеме не показана). Очищенные и высушенные детали поступают в окрасочную камеру *12* через открытые проемы в торцовых стенах. Камера имеет два рабочих места для окраски изделий пистолетом-краскораспылителем (пульверизатором). К каждому пульверизатору по гибкому рукаву *13* подводится эмаль от циркуляционного кольца *9*, а по отдельному рукаву – сжатый воздух. Производительность пульверизатора, диаметр краскоподводящего шланга и давление в шланге 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 пистолетов-распылителей и все другие данные приведены в табл. 4 и 5. Стены окрасочной камеры очищаются от осевшей эмали медными скребками раз в неделю, после каждой рабочей смены. После окраски детали поступают на сушку в сушильную камеру *14*. Сушильная камера терморadiационного типа с электро- или газообогревательными закрытыми панелями. Максимальная температура обогреваемой поверхности панели в камере автомобильного завода 300 °С, в камере тракторного завода – 400 °С.

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 ЛВЖ, входящих в эмаль ХВ-16 и растворитель 646, а при сушке тракторных деталей выделяются пары ЛВЖ, входящих в эмаль НЦ-132П и растворитель Р-5. Высушенные детали конвейером подаются на разгрузочную площадку и далее отвозятся тележками в сборочные цехи. Устройство и работа сушильной камеры описаны в гл. 20 учебника [1]. Размеры помещений цеха приведены в табл. 4 и 5.



Смеситель-растворитель 3, баки готовой эмали 7, насос циркуляционный размещены в отдельном помещении. Доставка эмали в красконагнетательные баки цеха окраски производится централизованно по трубопроводу. Вместимость красконагнетательных баков 0,1 м<sup>3</sup>, они установлены около окрасочных камер.

Позиция на рис. 2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<b>Смеситель-растворитель с мешалкой и водяным обогревом</b>											
3	Диаметр, м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,5
	Высота, м	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7	2,4	2,3	2,5	2,6
	Температура рабочая, °С	50	55	60	65	50	55	60	65	50	55
	Давление, МПа	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13
	Защита смесителя от повышения давления	ДК с ОП	ДК с ОП	ПК	ПК	ДК с ОП	ДК с ОП	ПК	ПК	ДК с ОП	ПК
<b>Насос центробежный циркуляционный</b>											
8	Давление, МПа	0,5	0,6	0,65	0,7	0,5	0,55	0,6	0,7	0,5	0,55
	Температура, °С.	50	55	60	65	50	55	60	65	50	55
	Диаметр линии, мм	55	60	65	55	60	65	55	60	65	60
	Вид уплотнений вала насоса	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ
	Диаметр вала, мм	35	35	40	40	35	35	40	40	45	45
	Производительность, л/мин	70	70	80	80	75	75	70	70	80	80
	Давление, МПа	0,5	0,6	0,65	0,7	0,5	0,55	0,6	0,7	0,5	0,55
	Производительность, л/мин	70	70	80	80	75	75	70	70	80	80
<b>Окрасочная камера пульверизационная на два рабочих места</b>											
12	Длина, м	3,5	4	5	4,5	5,5	3,5	6	4	5	5,5
	Ширина, м	3	3	3,5	3,5	4	3	4	3,5	4	4
	Высота, м	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5	3	3	3	3
	Диаметр шланга подачи эмали, мм	20	19	18	17	16	16	17	18	19	20
	Давление эмали, МПа	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,6	0,55
	Производительность распыления, л/мин	26	25	27	25	28	26	29	30	29	26
	Кратность аварийной вентиляции, 1/ч	15	16	20	35	21	20	22	24	25	30
	Улавливание краски	ВЗ*	СФ*	ВЗ	ВЗ	СФ	СФ	ВЗ	ВЗ	СФ	СФ

ВЗ – водяная завеса, СФ – сухой фильтр

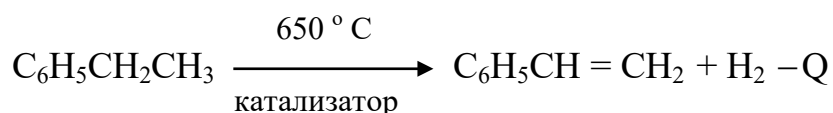
Позиция на рис. 2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<b>Помещение цеха, в котором размещены окрасочная, сушильная камеры и циркуляционный насос</b>											
	Длина, м	72	78	84	90	90	72	78	84	90	78
	Ширина, м	30	30	24	24	24	30	30	30	30	36
	Высота, м	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12
	Скорость воздуха, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3
	Кратность вентиляции, 1/ч	2	2	4	4	2	3	4	5	2	3
	Расстояние до задвижек, м	6	7	8	8	6	7	8	7	6	8
	Привод задвижек	Ручн.	Авт.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Ручн.
	Ограничение растекания краски, % от площади пола	Нет	20	Нет	10	10	5	5	15	Нет	Нет
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	14	16	16	18	16	20	22	24	26	18

Позиция на рис. 2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
<b>Мерники растворителя Р-5 и эмали НЦ-132П</b>											
2	Степень заполнения	0,9	0,85	0,9	0,85	0,9	0,85	0,9	0,85	0,9	0,9
	Диаметр, м	0,8	0,9	1	0,8	0,9	1	0,8	0,9	1	0,8
	Высота, м	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3
	Температура жидкости, °С	20	22	24	20	18	16	16	18	20	22
	Давление, МПа	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
	Диаметр дыхательной линии, мм	50	75	50	75	50	75	50	75	50	75
	Защита дыхательной линии	ОП	ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ОП	ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ОП	ОП
	Регулирование уровня	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Нет	Нет	Нет
	Аварийный слив	Нет	Да	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
<b>Сушильная камера радиационного типа. Свободный объем 40 %</b>											
14	Длина, м	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
	Ширина, м	4	4	4	4	6	5	5	5	5,5	6
	Высота, м	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
	Температура поверхности излучения, °С	300	320	330	340	350	300	320	330	340	350
	Обогрев излучающих панелей	Электр.	Электр.	Газ	Газ	Электр.	Электр.	Газ	Газ	Электр.	Газ
	Производительность камеры, м <sup>3</sup> /мин	650	700	750	750	800	700	750	800	750	800
	Количество испаряемого растворителя, г/м <sup>2</sup>	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
	Примерная площадь испарения, м <sup>2</sup>	120	130	140	150	160	150	140	130	140	150
	Кратность вытяжной вентиляции, 1/ч	6	6	8	8	6	6	8	6	10	10
Средства тушения	СО <sub>2</sub>	Пена	СО <sub>2</sub>	Вод. пар	Вод. пар	Нет	Нет	СО <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>	Вод. .	

Позиция на рис. 2	Исходные данные	Данные для вариантов									
		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
<b>Насос подачи растворителя Р-5 центробежный</b>											
1	Давление, развиваемое насосом, МПа	0,2	0,22	0,24	0,26	0,2	0,22	0,24	0,26	0,2	0,22
	Температура, °С.	15	16	17	18	19	20	15	16	17	18
	Диаметр линии, мм	50	65	75	50	65	75	50	60	75	50
	Длина линии от насоса до задвижки, м	4	6	6	6	4	4	4	5	4	6
	Вид уплотнений вала насоса	СУ	ТУ	ТУ	ТУ	СУ	ТУ	СУ	ТУ	СУ	ТУ
	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	0,2	0,22	0,24	0,2	0,2	0,24	0,2	0,24	0,2	0,24
	Диаметр вала, мм	30	35	40	30	35	40	30	35	40	35
<b>Помещение мерников</b>											
	Длина, м	12	18	12	18	12	18	12	18	12	18
	Ширина, м	6	6	12	6	8	8	12	10	10	12
	Высота, м	6	6	6	8	8	8	6	6	8	8
	Кратность аварийной вентиляции, 1/ч	4	6	4	6	4	8	4	8	6	6
	Скорость воздуха, м/с	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,4	0,4
	Расстояние от мерников до задвижек, м	8	10	8	10	8	14	8	12	6	10
	Привод задвижек	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.
	Средства тушения	Пена	Пена	Пена	Пена	Фреон	Фреон	СО <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>	Нет
	Количество мерников	4	4	2	2	4	4	2	4	4	4
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	12	14	16	18	20	20	18	16	14	12

### 4.3. Производство стирола из этилбензола (вариант от 50 до 79)

Стирол является сырьем для производства большого количества пластмассовых изделий и синтетического каучука. Стирол представляет собой ароматический углеводород ( $C_6H_5CH=CH_2$ ), наличие двойной связи с молекуле которого определяет его способность к полимеризации. Получают стирол чаще всего путем дегидрирования этилбензола (при температуре  $650^\circ C$ ) в присутствии катализатора в виде окислов некоторых металлов. Реакция дегидрирования имеет следующий вид:



Данная реакция эндотермическая. Технологическая схема производства стирола из этилбензола представлена на рис. 3.

Чтобы жидкий стирол подвергнуть воздействию высокой температуры, его следует подготовить, т. е. испарить, и пары перегреть. Поэтому из резервуара 1 насосом 2 его подают в испаритель 3 для подогрева до температуры  $136^\circ C$  и испарения, а затем в трубчатый перегреватель 4, где за счет теплоты топочных продуктов реактора его пары перегреваются до температуры  $250-300^\circ C$ . При такой температуре пары этилбензола поступают в реактор 5. Проходя по трубкам реактора, которые заполнены катализаторной массой и с наружной стороны обогреваются продуктами горения природного газа, пары этилбензола нагреваются до температуры реакции  $650^\circ C$  и расщепляются с образованием паров стирола, водорода и тяжелых смол.

Образовавшиеся продукты реакции необходимо охладить, отделить стирол от смол, водорода и окончательно его очистить. Поэтому смесь паров и газа из реактора поступает в систему холодильников-конденсаторов 6, где за счет воды и холодильного рассола происходит охлаждение смеси и конденсация паров. Водород и другие газообразные продукты разложения отделяются от жидкости в сепараторе и вакуум-насосом 7 отводятся на последующую утилизацию. Жидкий стирол с примесями (стирол-сырец) поступает в промежуточную емкость 8. Очистка стирола-сырца осуществляется путем ректификации. Сначала следует снизить температурный режим перегонки, чтобы избежать нежелательного интенсивного химического процесса полимеризации. Снижение температурного режима процесса ректификации осуществляется созданием в ректификационной колонне глубокого вакуума.

Стирол-сырец из емкости 8 подают насосом через нагреватель 9 в ректификационную колонну, которая работает при давлении в верхней части

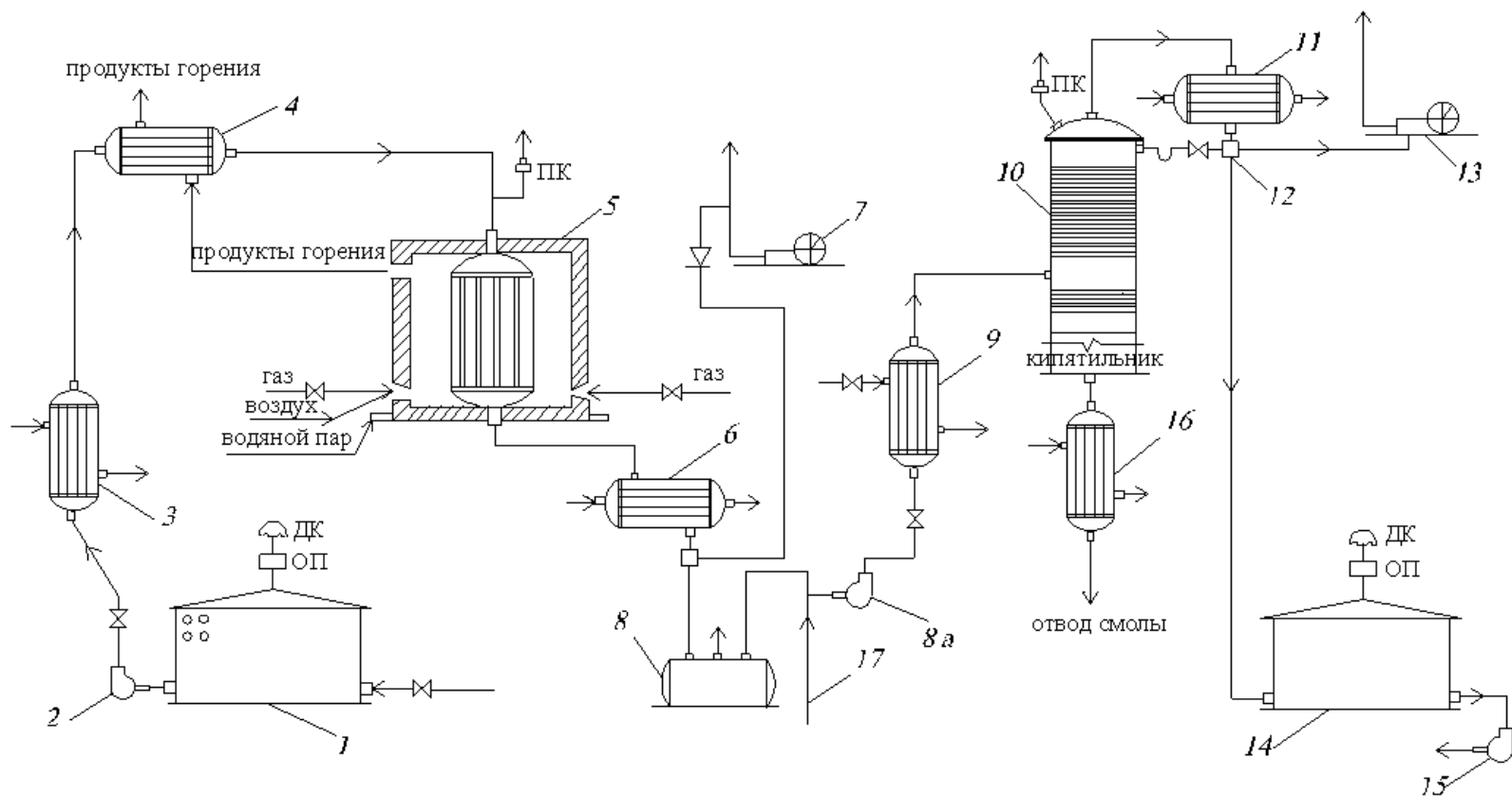


Рис. 3. Технологическая схема производства стирола из этилбензола

4 кПа (вакуум 730 мм рт. ст.), в нижней – 8 кПа (вакуум 700 мм рт. ст.) и при температуре (соответственно) 45 и 100 °С. Выходящие из колонны пары стирола охлаждаются в конденсаторе-холодильнике 11. Часть жидкого стирола из сепаратора 12 подается в колонну на орошение, а остальная часть поступает в емкость готовой продукции 14. Вакуум в колонне создается вакуум-компрессором 13 за счет интенсивной конденсации паров в холодильнике-конденсаторе, а также отсоса газообразных продуктов и несконденсировавшихся паров из сепаратора 12.

Находящиеся в стироле примеси-смолы из нижней части ректификационной колонны отводятся на охлаждение и дальнейшее использование. Для снижения способности стирола к полимеризации (как в процессе ректификации, так и при дальнейших хранении и транспортировке) к стиролу-сырцу (перед перегонкой по линии 17) добавляют небольшое количество ингибитора (обычно гидрохинон).



Таблица 6

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
<b>Резервуар с этилбензолом</b>											
1	Объем, м <sup>3</sup>	400	500	600	700	800	700	600	600	500	400
	Степень заполнения	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95
	Температура рабочая, °С	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25
	Давление рабочее, МПа	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
	Молекулярная масса этилбензола	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
	Температура кипения, °С	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
<b>Насосы сырьевые центробежные для подачи этилбензола</b>											
2	Давление рабочее, МПа	0,15	0,2	0,25	0,3	0,25	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3
	Рабочая температура, °С	20	25	30	30	25	20	20	25	30	25
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	115	120	125	130	90	110	120	120	120
	Диаметр нагнетательной линии, мм	50	55	60	65	70	50	55	60	65	70
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	30	35	40	30	35	40	30	35	40	30
	Производительность, л/с	5	10	20	25	30	5	10	20	25	30
<b>Реактор огневого действия</b>											
5	Диаметр трубок, мм	37	40	45	50	37	40	45	55	37	47
	Длина трубок, м	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4	3
	Рабочее давление, МПа	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
	Рабочая температура реактора, °С	600	610	620	630	600	610	620	630	600	630
	Температура в топочном пространстве, °С	900	910	920	900	930	940	900	900	910	920
	Топливо	Газ	Газ	Жидк	Жидк.	Газ	Газ	Жидк.	Жидк.	Газ	Газ
	Стационарная система тушения	Нет	Нет	Пар	Пар	Нет	Пар	Нет	Пар	Нет	Пар

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
<b>Насосная станция сырьевых насосов для подачи этилбензола</b>											
2	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 аварийной вентиляции, 1/ч	4	5	6	8	5	5	6	5	7	4
	Длина линий до задвижек, м	6	8	7	7	5	9	9	7	7	6
	Скорость воздуха в помещении, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4
	Отключение задвижек	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.
	Средства тушения	Пена	Пена	Пена	Пар	Пар	Пар	Пена	Пена	Пена	Пена
	Количество насосов, шт.	2	3	4	3	3	3	4	2	3	3
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	15	16	18	20	14	12	20	26	24	22

Таблица 7

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
<b>Резервуар стирола-ректификата</b>											
14	Объем, м <sup>3</sup>	800	1000	1200	1300	1400	1200	1100	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, °С	30	35	30	30	35	30	30	35	30	35
	Давление рабочее, МПа	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Молекулярная масса стирола	104	110	105	108	107	106	103	104	110	104
	Температура кипения, °С	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
<b>Насос для откачки стирола-ректификата</b>											
15	Давление рабочее, МПа	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,25	0,15	0,15
	Рабочая температура, °С	30	35	30	30	35	30	30	35	30	35
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	110	115	120	100	110	110	115	100	90
	Диаметр нагнетательной линии, мм	75	75	65	65	75	75	75	65	75	65
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала, мм	35	35	35	30	35	35	35	30	30	30
	Производительность насосов, л/с	20	25	30	35	40	25	25	30	20	20
<b>Ректификационная колонна</b>											
10	Диаметр, м	2	2	2,2	2,2	2,3	2	2	2,2	2,3	2,3
	Высота, м	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9
	Давление в верхней части колонны (вакуум), кПа	4	4,5	5	4	4,5	5	4	4,5	5	4
	Объем парового пространства в колонне, %	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,8	0,75	0,7	0,8	0,7
	Давление в нижней части колонны (вакуум), кПа	8	8,5	9	8	8,5	9	8	8,5	9	8
	Температура низа колонны, °С	100	110	115	120	125	100	110	115	120	125
	Температура верха колонны, °С	45	50	55	60	65	45	110	115	120	125

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	Производительность по пару (ректификату), кг/ч	1000	1100	1100	1200	1000	1100	1200	1000	1100	1200
	Средства тушения	Пар	Орош.	Пар	Орош.	Пар	Орош.	Орош.	Орош.	Пар	Пар
<b>Насосная станция насосов стирола-ректификата</b>											
15	Ширина помещения, м	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Длина помещения, м	7	8	8	8	7	7	8	8	8	7
	Высота помещения, м	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
	Кратность воздухообмена аварийной вентиляции, 1/ч	4	5	6	8	5	5	6	5	7	4
	Длина линии до задвижек, м	6	7	7	7	5	6	9	7	7	6
	Скорость воздуха в помещении, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3
	Отключение задвижек	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.
	Средства тушения	Пена	Пена	Пена	Пар	Пар	Пар	Пена	Пена	Пена	Пена
	Количество насосов, шт.	2	3	4	3	3	3	4	2	3	3
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	10	12	15	18	12	10	15	18	20	22

Таблица 8

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов										
		70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
<b>Кожухотрубчатый холодильник-конденсатор</b>												
6	Диаметр, м	1,1	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1	1	1,2	1,21	
	Длина, м	3	3,2	3,2	3,2	3,5	3,5	3,4	3,4	3,2	3	
	Диаметр трубок, мм	25	30	35	40	25	30	35	40	25	25	
	Длина трубок, м	2,7	2,8	3	3	3	3	3	3	2,8	2,7	
	Давление в межтрубном пространстве, МПа	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	
	Давление в трубках, МПа	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,3	
	Температура, °С	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	
	Хладагент (рассол, вода)	Рассол	Рассол	Рассол	Рассол	Рассол	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	
	Температурный компенсатор	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	
<b>Вакуум-компрессоры для удаления водорода</b>												
7	Давление газа на стороне нагнетания, МПа	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,15	0,16	0,17	0,18	
	Давление газа на стороне всасывания, МПа	3	3,5	3,8	4	4	4	3	3,5	4	4	
	Температура, °С	30	30	35	35	30	35	30	35	30	35	
	Производительность насосов, л/с	75	80	70	75	80	60	70	75	80	75	
	Диаметр линий, мм	50	65	70	50	70	65	70	50	50	50	
	Отключение задвижек	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Авт.	
	Расстояние до задвижек	6	8	10	12	15	15	20	20	20	15	
<b>Промежуточная емкость стирола-сырца</b>												
8	Расположение емкости	в п о м е щ е н и и										
	Размеры помещения емкости:	длина	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
		ширина	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
		высота	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	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	2,7	2,8	2,5	2,6		

Позиция на рис. 3	Исходные данные	Данные для вариантов									
		70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
	Температура, °С	35	30	25	25	30	35	30	35	30	35
	Защита дыхательных линий	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП	ДК с ОП
	Измерение уровня	М е р н о е с т е к л о									
	Степень заполнения	0,9	0,95	0,95	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9	0,95	0,95
	Диаметр линий, мм	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Наличие аварийного слива	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
<b>Компрессорная станция для удаления водорода</b>											
7	Ширина помещения, м	8	8	10	6	8	6	6	6	8	10
	Длина помещения, м	12	12	12	12	12	12	12	14	14	16
	Высота помещения, м	6	6	8	6	8	6	6	8	6	6
	Кратность аварийной вентиляции, 1/ч	6	8	6	8	8	10	8	8	10	8
	Скорость воздуха в помещении, м/с	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8	1	0,6	0,4	0,8	0,6
	Количество компрессоров, шт.	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	10	12	15	18	12	10	15	18	20	22

#### **4.4. Хранение ЛВЖ в резервуарном парке предприятия (вариант от 80 до 99)**

В состав резервуарного парка входят: группа резервуаров для хранения бензина и группа – для хранения этанола (этилового спирта), здания насосных с насосами для перекачки бензина и этанола, трубопроводы с арматурой, железнодорожная сливная и автомобильная наливная эстакады.

##### **Технологическая схема процесса и ее описание**

Продукты поступают на железнодорожную сливную эстакаду 1 (рис. 4) в железнодорожных цистернах 2, сливаются из них с помощью приборов для нижнего 3 или верхнего 3' слива в коллектор 4, откуда откачиваются насосом 5 и направляются на хранение в резервуары 7 или на автомобильную эстакаду 9, оборудованную приборами для верхнего налива автомобильных цистерн 8.

Коллектор оборудован дыхательной линией (вантузом), установленной в его торце и защищенной кассетным огнепреградителем.

##### **Основное технологическое оборудование и его размещение**

Основными аппаратами в резервуарном парке являются вертикальные цилиндрические резервуары без понтонов (рис. 5). Помимо указанных на рисунке устройств, на каждом резервуаре имеются устройства для отбора проб, для удаления подтоварной воды, площадка обслуживания оборудования на крыше, люк-лаз, световые, монтажный и замерный люки. Резервуары оборудованы приемо-раздаточными патрубками, на которых установлены (со стороны резервуаров) хлопушки с местным приводом.

Дыхательные патрубки на резервуарах с бензином и этанолом оборудованы дыхательными кланами типа НДКМ и предохранительными гидравлическими клапанами с огнепреградителями.

Резервуары также оснащаются приборами для местного и дистанционного измерения уровня и температуры бензина и этанола, автоматической сигнализации верхнего и нижнего предельных уровней взлива, средствами автоматического обнаружения пожара, устройствами молниезащиты, защиты от статического электричества и другими устройствами. По периметру каждой группы резервуаров предусмотрена ограждающая стена из сборного железобетона высотой 0,5 м.

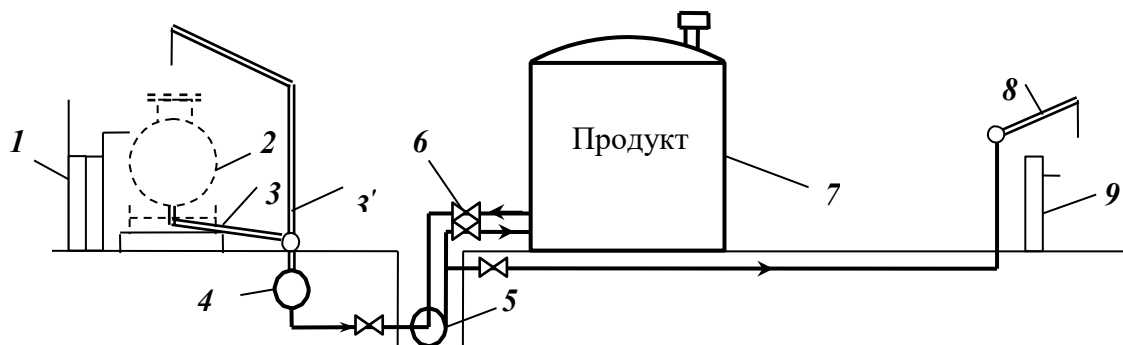


Рис. 4. Принципиальная схема резервуарного парка:  
 1 – железнодорожная сливная эстакада; 2 – ж/д цистерна; 3, 3' – приборы для нижнего и верхнего слива нефтепродуктов; 4 – коллектор; 5 – насос; 6 – коренные задвижки; 7 – резервуар; 8 – стояк для налива нефтепродуктов; 9 – автомобильная наливная эстакада

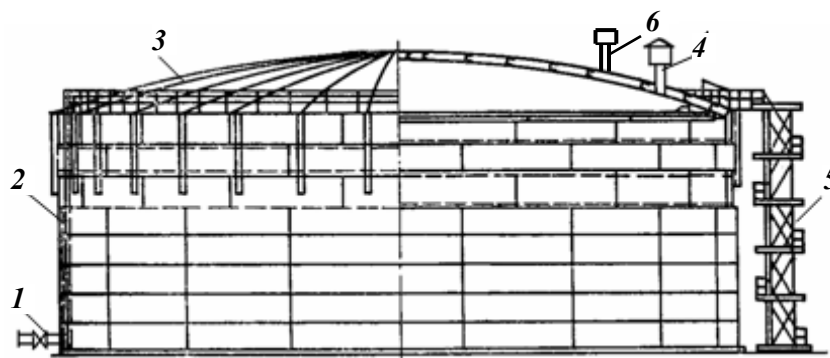


Рис. 5. Общий вид резервуара со стационарной крышей без понтона (типа РВС):  
 1 – прямо-раздаточный патрубок с хлопушкой; 2 – корпус; 3 – крыша; 4 – дыхательный клапан; 5 – маршевая лестница; 6 – предохранительный клапан



Таблица 9

Позиция на рис. 4, 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
<b>Резервуар РВС с бензином Аи-80</b>											
7	Номинальный объем РВС, м <sup>3</sup>	300	200	300	400	250	200	300	400	250	400
	Степень заполнения РВС	0,95	0,9	0,85	0,95	0,9	0,85	0,95	0,9	0,85	0,9
	Внутренний диаметр патрубков и трубопроводов, мм	80	100	100	125	100	90	125	120	125	125
	Отключение коренных задвижек	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.
	Количество дыхательных клапанов типа, шт.	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2
	Пропускная способность дыхательного клапана, м <sup>3</sup> /ч	25	25	100	100	25	25	50	50	25	100
	Количество предохранительных клапанов, шт.	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2
	Пропускная способность предохранительного клапана, м <sup>3</sup> /ч	25	25	50	50	25	25	50	50	25	50
<b>Насос центробежный для перекачки бензина</b>											
5	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	40	80	120	150	60	90	140	160	70	160
	Напор, м	20	30	40	40	30	20	30	40	20	30
	Отключение	Авт.	Ручн.	Авт.	Ручн.	Авт.	Ручн.	Авт.	Ручн.	Авт.	Ручн.
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	115	120	125	130	90	110	120	120	120
	Диаметр нагнетательной линии, мм	80	65	60	65	80	60	65	100	65	100
	Наличие обратного клапана на нагнетательной линии насоса	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала насоса, мм	30	35	40	30	35	40	30	45	30	45
<b>Коллектор</b>											
4	Диаметр, мм	400	420	440	460	480	500	400	420	440	460
	Длина, м	46	48	50	52	54	46	48	50	52	54

Позиция на рис. 4, 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
	Диаметр дыхательной линии, мм	100	120	130	100	120	130	100	120	130	100
	Диаметр трубопровода откачки продукта из коллектора, мм	100	115	120	125	130	90	110	120	120	120
	Вид контроля уровня в коллекторе	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.
<b>Помещение насосной станции для перекачки бензина</b>											
	Длина помещения, м	6	6	6	8	6	6	6	8	6	8
	Ширина помещения, м	3	5	4	4	3	5	4	4	3	4
	Высота помещения, м	5	4	4	6	5	4	6	4	5	4
	Кратность аварийной вентиляции, ч <sup>-1</sup>	6	6	10	10	15	8	8	12	15	15
	Длина трубопроводов, м	5	4	5	7	5	5	5	7	5	7
	Количество насосов, шт.	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	Наличие АУПТ	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	10	12	15	16	10	12	18	14	14	18

Таблица 10

Позиция на рис. 4, 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
<b>Резервуар РВС с этанолом</b>											
7	Номинальный объем РВС, м <sup>3</sup>	100	200	300	400	100	200	300	400	200	400
	Степень заполнения РВС	0,95	0,9	0,85	0,95	0,9	0,85	0,95	0,9	0,85	0,9
	Внутренний диаметр патрубков и трубопроводов, мм	80	100	100	125	80	100	125	100	125	125
	Отключение коренных задвижек	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.	Местн.	Дист.
	Количество дыхательных клапанов типа, шт.	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2
	Пропускная способность дыхательного клапана, м <sup>3</sup> /ч	25	25	100	100	25	25	50	50	25	100
	Количество предохранительных клапанов, шт.	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1
	Пропускная способность предохранительного клапана, м <sup>3</sup> /ч	15	15	50	50	15	15	50	50	50	50
<b>Насос центробежный для перекачки этанола</b>											
5	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	40	80	120	150	60	90	140	160	70	160
	Напор, м	20	30	40	40	30	20	30	40	20	30
	Отключение	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.	Ручн.	Ручн.	Авт.	Авт.
	Диаметр всасывающей линии, мм	100	115	120	125	130	90	110	120	120	120
	Диаметр нагнетательной линии, мм	60	65	60	65	70	60	65	60	65	70
	Наличие обратного клапана на нагнетательной линии насоса	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
	Вид уплотнения вала	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ	СУ	СУ	ТУ	ТУ
	Диаметр вала насоса, мм	30	35	40	30	35	40	30	35	40	30
<b>Коллектор</b>											
4	Диаметр, мм	400	420	440	460	480	500	400	420	440	460
	Длина, м	46	48	50	52	54	46	48	50	52	54

Позиция на рис. 4, 5	Исходные данные	Данные для вариантов									
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
	Диаметр дыхательной линии, мм	100	120	130	100	120	130	100	120	130	100
	Диаметр трубопроводов поступления спирта в коллектор и его откачки из коллектора, мм	100	115	120	125	130	90	110	120	120	120
	Вид контроля уровня в коллекторе	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.	Дист.	Ручн.
<b>Помещение насосной станции для перекачки этанола</b>											
	Длина помещения, м	6	6	6	8	6	6	6	8	6	8
	Ширина помещения, м	3	5	4	4	3	5	4	4	3	4
	Высота помещения, м	4	6	4	5	6	4	6	5	4	6
	Кратность аварийной вентиляции, ч <sup>-1</sup>	6	6	10	10	15	8	8	12	15	15
	Длина трубопроводов, м	5	4	5	7	5	5	5	7	5	7
	Количество насосов, шт.	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	Наличие АУПТ	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть
	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	12	14	10	12	15	14	16	18	14	16

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2009.
4. Пожарная безопасность технологических процессов. Учебник / С. А. Швырков, С. А. Горячев и др.; Под общ. ред. С. А. Швыркова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011.
5. Пожарная безопасность технологических процессов. Ч. 2. Анализ пожарной опасности и защиты технологического оборудования: Учебник / С. А. Горячев, С. В. Молчанов, В. П. Назаров и др.; Под общ. ред. В. П. Назарова и В. В. Рубцова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007.
6. Основы технологии, процессов и аппаратов пожаровзрывоопасных производств: Учеб. пособие / С. А. Горячев, А. И. Обухов, В. В. Рубцов, С. А. Швырков; под общ. ред. С. А. Горячева. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002.
7. Горячев С. А., Клубань В. С. Задачник по курсу «Пожарная профилактика технологических процессов производств». – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1996.
8. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. – М.: Химия, 1990.
9. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
10. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.



## Приложение

Таблица п.1

### Показатели пожарной опасности горючих веществ

Вещество (класс)	$t_{всп},$ °C	$t_{св},$ °C	Температурные пределы распространения пламени, °C		Концентрационные пределы распространения пламени, об. доли		$U_{п},$ м/с
			нижний	верхний	нижний	верхний	
Ацетон	-9	435	-20	6	0,027	0,13	0,44
Бензол	-11	560	-14	13	0,0143	0,8	0,478
Бензин Аи-80	-35	375	-35	17	1,08	5,16	0,45
Бутилацетат	29	330	22	61	0,0135	0,09	0,4
Изобутанол	28	390	25	50	0,018	0,114	0,3
Ксилол	26	528	24	58	0,011	0,065	0,35
Метанол	6	440	5	39	0,0698	0,355	0,572
Стирол	37	490	27	67	0,011	0,072	0,57
Толуол	7	535	6	37	0,0127	0,068	0,389
Этилбензол	24	421	20	59	0,01	0,068	0,4
Этанол	16	400	11	41	0,036	0,177	0,556
Этилацетат	-3	446	-6	28	0,02	0,114	0,39

Таблица п.2

### Константы уравнения Антуана

Вещество	Химическая формула	Молекулярная масса	A	B	$C_A$
Ацетон	$C_3H_6O$	58,08	6,37551	1281,721	237,088
Бензол	$C_6H_6$	78,11	5,61391	902,275	178,099
Бензин Аи-80	$C_{6,99}H_{19,1}$	97,2	4,19500	682,876	222,066
Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	116,16	6,25205	1430,418	210,745
Изобутанол	$C_4H_{10}O$	74,12	7,83005	2058,392	245,642
Ксилол	$C_8H_{10}$	106,17	6,25485	1537,082	223,608
Метанол	$CH_4O$	32,04	7,3527	1660,454	245,818
Стирол	$C_8H_8$	104,14	7,06542	2123,057	272,988
Толуол	$C_7H_8$	92,14	6,0507	1328,171	217,713
Этилбензол	$C_8H_{10}$	106,16	6,35879	1590,66	229,581
Этанол	$C_2H_6O$	46,07	7,81158	1918,508	252,125
Этилацетат	$C_4H_8O_2$	88,1	6,22672	1244,951	217,881

Таблица п.3

## Свойства водяного насыщенного пара

Давление, МПа	Температура пара, °С	Объём 1 кг пара, м <sup>3</sup>	Масса 1 м <sup>3</sup> пара, кг	Энтальпия воды, кДж/кг	Энтальпия водяного пара, кДж/кг	Теплота испарения, кДж/кг
0,10	100,0	1,727	0,579	419,0	2667,4	2258,4
0,12	104,2	1,457	0,686	437,0	2686,2	2248,7
0,14	108,7	1,261	0,793	456,3	2693,3	2237,0
0,16	112,7	1,113	0,898	470,5	2699,6	2226,6
0,18	116,3	0,997	1,003	488,7	2705,5	2216,9
0,20	119,6	0,903	1,070	502,4	2710,5	2208,1
0,30	132,9	0,618	1,618	588,9	2730,2	2170,8
0,40	142,9	0,472	2,120	602,1	2744,0	2141,5
0,50	151,1	0,382	2,614	637,7	2754,1	2116,8
0,60	158,1	0,322	3,104	667,9	2762,5	20,94,6
0,70	164,2	0,278	3,591	694,3	2769,2	20,74,9
0,80	169,6	0,254	4,075	718,2	2775,0	2056,9
0,90	174,5	0,219	4,556	739,9	2779,6	2039,7
1,00	179,0	0,198	5,037	760,0	2783,8	2024,2

Таблица п.4

## Коэффициенты объёмного сжатия и модуль упругости жидкостей

Вещество	Температура, °С	Пределы давления, МПа	Коэффициент объёмного сжатия, см <sup>2</sup> /кг·10 <sup>-6</sup>	Модуль упругости, МПа
Ацетон	18-20	0,1-0,8	121	830
Бензол	14-20	0,1-1,5	74,7	1340
Бензин Аи-80	20	0,1-2,0	92,0	1320
Ксилол	10	0,1-0,5	74,0	1350
Метанол	0	0,1-50,0	79,8	1250
Стирол	15	0,1-1,0	76,5	1300
Этилбензол	10	0,1-1,0	76,3	1310
Этанол	20	0,1-5,0	76,0	1320



Таблица п.5

## Теплота сгорания горючих веществ

Вещество	$Q_{н}^{р}$ кДж/кг	Вещество	$Q_{н}^{р}$ кДж/кг
Ацетон	31359,8	Метанол	23995,0
Бензол	40576,1	Стирол	42623,4
Бензин Аи-80	44239,0	Толуол	40936,4
Бутилацетат	30862,6	Этилбензол	41323,5
Изобутанол	36743,1	Этанол	30562,2
Ксилол	41207,5	Этилацетат	23586,3

Таблица п. 6

$p_2/p_1$	Коэффициент $B$ при значении показателя адиабаты $k$						
	1,24	1,30	1,40	1,66	2,00	2,50	3,00
0,00	0,464	0,472	0,484	0,513	0,544	0,582	0,612
0,04	0,474	0,482	0,494	0,524	0,556	0,594	0,625
0,12	0,495	0,503	0,516	0,547	0,580	0,620	0,653
0,20	0,519	0,527	0,531	0,573	0,609	0,651	0,685
0,32	0,563	0,572	0,587	0,622	0,660	0,706	0,743
0,40	0,598	0,609	0,625	0,662	0,702	0,751	0,788
0,50	0,656	0,667	0,685	0,725	0,765	0,807	0,836
0,60	0,730	0,741	0,757	0,790	0,822	0,855	0,878
0,72	0,818	0,826	0,837	0,860	0,883	0,905	0,920
0,80	0,873	0,878	0,886	0,903	0,919	0,935	0,945
0,92	0,951	0,953	0,956	0,963	0,969	0,975	0,979

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	3
2. ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЙ МАТЕРИАЛ	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	4
3.1. Изучение технологического процесса	4
3.2. Оценка пожаровзрывоопасных свойств веществ, обращающихся в производстве	5
3.3. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов при их нормальной работе	5
3.4. Пожаровзрывоопасность аппаратов, при эксплуатации которых возможен выход горючих веществ наружу без повреждения их конструкции	7
3.5. Анализ причин повреждения аппаратов, разработка необходимых средств защиты	9
3.6. Анализ возможности появления характерных технологических источников зажигания	13
3.7. Возможные пути распространения пожара	14
3.8. Расчет категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности	16
3.9. Разработка карты пожарной опасности и защиты	17
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	18
4.1. Производство бутадienstирольного каучука эмульсионной сополимеризацией бутадиена и стирола	18
4.2. Цех окраски изделий с краскоприготовительным отделением	28
4.3. Производство стирола из этилбензола	36
4.4. Хранение ЛВЖ в резервуарном парке предприятия	45
ЛИТЕРАТУРА	51
Приложение	52