



ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ

ЛЕКЦИЯ

ТЕМА № 3 «ПРИЧИНЫ И ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ВЫХОДА ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ НОРМАЛЬНО РАБОТАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

Литература

Основная:

Пожарная безопасность: учебник/В.А. Пучков, Ш.Ш. Дагиров, А.В. Агафонов и др, 2014 г., 877 с. (электронная библиотека Академии глава 5).

Дополнительная:

Федеральный закон РФ от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (действующая редакция).

Федеральный закон РФ от 22.07.2008.№123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (действующая редакция).

Содержание и порядок проведения занятия

Учебные вопросы

1. Образование горючей среды при эксплуатации аппаратов с дыхательными устройствами.
2. Образование горючей среды при эксплуатации аппаратов с открытой поверхностью испарения, аппаратов периодического действия и герметичных аппаратов, работающих под избыточным давлением.

Учебные цели:

Довести до обучаемых причины и условия образования горючей среды при выходе веществ из нормально работающих технологических аппаратов; расчетные методы определения количества горючих паров, поступивших наружу из нормально работающего технологического оборудования; меры защиты от образования горючей среды.

**Вопрос № 1. Образование
горючей среды при
эксплуатации аппаратов с
дыхательными устройствами
(40 мин)**

Аппараты с дыхательными устройствами представляют собой закрытые емкости, внутренний объем которых сообщается с окружающей средой через дыхательные устройства (дыхательные трубы, клапана и т.п.).

К таким аппаратам относятся резервуары, мерники, дозаторы и другие емкости, работа которых по условиям технологии требует изменения уровня жидкости. Выход горючих паров из аппаратов с дыхательными устройствами происходит при увеличении температуры в газовом пространстве и в периоды их заполнения.

В таких случаях опасность образования горючей среды у дыхательных устройств оценивают путем сравнения рабочей температуры жидкости t_p в аппарате со значением нижнего температурного предела распространения пламени t_n . Образование горючей среды у дыхательных устройств возможно, если рабочая температура жидкости в аппарате больше или равна НТПР:

$$t_p \geq t_n$$

Из практики и расчетов можно считать, что при наливе в резервуар 3,0 тыс. м³ горючего окружающую среду может выйти до 100,0 кг паров.

Если считать, что концентрация паров во всех точках паровоздушного пространства ТА одинакова и равна насыщенной концентрации при данной температуре, то количество паров, которое может теряться при дыхании аппаратов, можно определить расчётом.



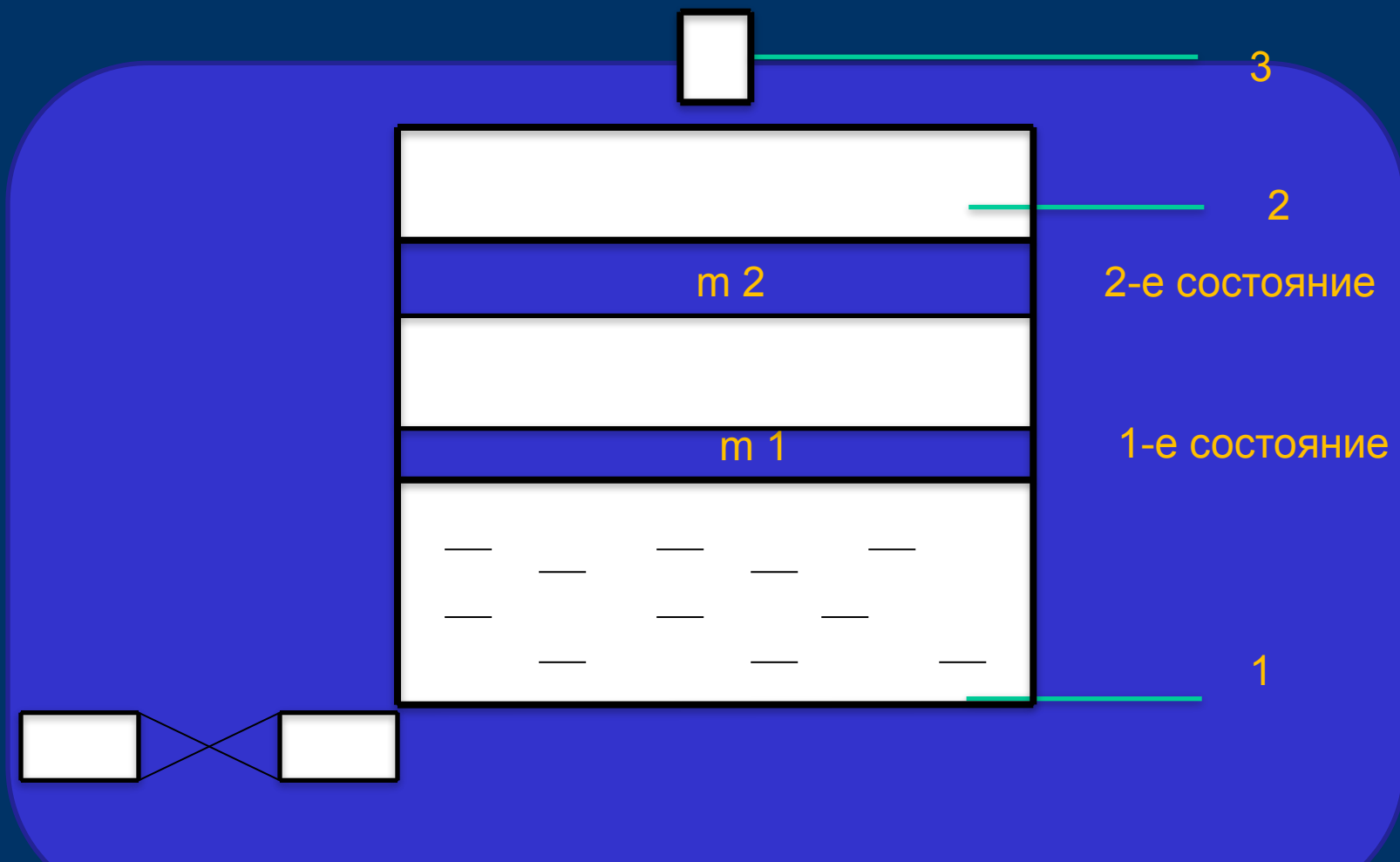


Рисунок 1 - Закрытый ТА с дыхательным аппаратом.
1 - горючая жидкость; 2 - паровоздушное пространство; 3 -
дыхательный патрубок.

Расчет количества паров, которое может теряться при дыхании аппаратов

Количество вытесняемых паров жидкости можно определить, если знать, сколько воздуха вытесняется из газового пространства аппарата. До начала процесса в газовом пространстве аппарата концентрация паров равна φ_1 , а концентрация воздуха равна $(1 - \varphi_1)$, в конце процесса - φ_2 и $(1 - \varphi_2)$

Из уравнения газового состояния имеем

$$P V = G R T, \quad (2)$$

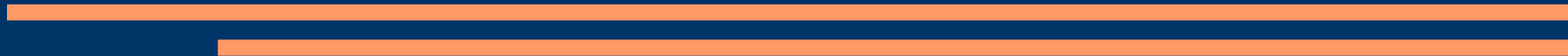
где V - объем газового пространства ТА;

P - давление;

G — вес воздуха;

R - газовая постоянная

T - температура газового пространства;



Можно найти количества воздуха до начала процесса

$$P_1 V_1 (1 - \varphi_1) = G_1 R T_1 .$$

Откуда

$$G_1 = P_1 V_1 (1 - \varphi_1) / RT_1 .$$

Вес воздуха в конце процесса

$$G_2 = P_2 V_2 (1 - \varphi_2) / RT_2 .$$

Тогда вес воздуха , вытесненного из
аппарата составит :

$$G_B = G_1 - G_2 = \left[V_1 (1 - \phi_1) \cdot \frac{P_1}{T_1} - V_2 (1 - \phi_2) \frac{P_2}{T_2} \right] \cdot \frac{1}{R}$$

(3)

Вместе с воздухом из аппарата будут
выходить пары горючей жидкости

$$\frac{G_B}{G_{\Pi}} = \frac{V_B}{V_{\Pi}} \cdot \frac{\rho_B}{\rho_{\Pi}} \quad (4),$$

где G_B и G_{Π} – вес паров ГЖ и воздуха
 V_B и V_{Π} – объём воздуха и паров
жидкости

ρ_B и ρ_{Π} - плотность воздуха и паров
жидкости

По закону Дальтона объём компонентов газовой смеси пропорционален их объёмным концентрациям, т.е.

$$\frac{V_B}{V_{II}} = \frac{1 - \varphi}{\overline{\varphi}} \quad (5)$$

где φ - средняя объёмная концентрация паров ГЖ.

Известно, что

$$\frac{\rho_B}{\rho_{II}} = \frac{M_B}{M_{II}} \quad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (4) получим:

$$\frac{G_B}{G_{II}} = \frac{1 - \varphi}{\overline{\varphi}} \cdot \frac{M_B}{M_{II}} \quad (7)$$

Откуда

$$G_{(8)II} = G_B \cdot \frac{\overline{\varphi}}{1 - \varphi} \cdot \frac{M_{II}}{M_B}$$

Подставляя значение G_v из уравнения
(3) в уравнение (8) будем иметь:

$$G_{\Pi} = \left[V_1 (1 - \varphi) \frac{P_1}{T_1} - V_2 (1 - \varphi_2) \frac{P_2}{T_2} \right] \frac{\varphi}{1 - \varphi} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{M_{\Pi}}{M_B}$$

(9)

Полученное уравнение (9) необходимо рассмотреть применительно к большому и малому дыханию.

Определение потерь при большом дыхании

Перед наполнением объём жидкости равен
- V_1 в конце наполнения – V_2

$$P_1 = P_2 = P_{\text{раб}}, \quad T_1 = T_2 = T_{\text{раб}} \quad \text{и} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_S$$

Тогда уравнение (9) примет вид :

(10)

$$G_6 = (V_1 - V_2) \frac{P_P}{T_P} \cdot \varphi_S \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{M_{\Pi}}{M_B}$$

Определение потерь при малом дыхании

При малом дыхании уровень жидкости не изменяется, т.е. $V = \text{const}$. Температура изменяется от T_1 до T_2 , концентрация - от φ_1 до φ_2

$P_1 = P_2 = P_p$ и $V_1 = V_2 = V$, тогда уравнение (9) преобразуется в следующее:

$$G_M = VP_p \left(\frac{1 - \varphi_1}{T_1} - \frac{1 - \varphi_2}{T_2} \right) \cdot \frac{\varphi}{1 - \varphi} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{M_{\text{П}}}{M_B} \quad (11)$$

Зная потери при “большом” и “малом дыхании”, можно рассчитать горизонтальный размер (радиус) наружной пожароопасной зоны у наземного стального резервуара:

$$(12) \quad x = \frac{6,8 \cdot q_H \cdot \varphi_H}{U \cdot \varphi_{НКПР} \cdot H}$$

где: q_H - начальный расход смеси из клапана;

φ_H - начальная концентрация паров нефтепродукта в смеси;

H - высота, на которой расположен клапан;

U - скорость ветра;

$\varphi_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени.

Способы предупреждения образования горючей среды снаружи аппаратов при использовании на них дыхательных устройств

1. Герметизация внутреннего объема аппаратов путем установки специальных дыхательных клапанов

Дыхательные клапана служат для сообщения аппаратов с окружающей средой и поддержания в них определенной величины давления или вакуума в случае изменения температуры или уровня жидкости.

Использование дыхательных клапанов позволяет герметизировать аппараты при неподвижном уровне жидкости и тем самым исключает выход из них паров в окружающее пространство.

Кроме этого, дыхательные клапана способствуют снижению потерь продукта за счет "малых дыханий", то есть при изменении температуры в газовом пространстве.

2. Применение газоуравнительных систем

соединяющих между собой паровоздушные пространства различных емкостных аппаратов и исключающих их контакт с окружающей средой.

3. Устройство систем улавливания и утилизации вытесняемых через дыхательные устройства паров

Для этого используются адсорбционные, абсорбционные, холодильные и другие установки. Действие адсорбера основано на поглощении паров горючей жидкости специальным твердым наполнителем (активированным углем, силикагелем, цеолитом, ионитом и т.п.)

Пары, выходящие из резервуара через дыхательную линию, поглощаются адсорбентом, а при засасывании атмосферного воздуха вновь возвращаются в резервуар.

В случае перенасыщения адсорбента предусматриваются специальные способы продувки адсорбера, минуя резервуар.

4. *Ликвидация паровоздушного пространства резервуаров путем применения плавающих крыш и понтонов.*

5. *Снижение количества выбросов от "малых дыханий", возникающих вследствие нагрева аппаратов от солнечной радиации.*

Это может быть достигнуто путем:

- окраски аппаратов в светлые тона;
- орошения аппаратов водой посредством специальных распылителей, устанавливаемых на крыше и стенках.

6. Вывод дыхательных труб за пределы помещения

Такое мероприятие является обязательным в том случае, если емкости с горючими жидкостями располагаются внутри производственных и складских помещений.

Вывод дыхательных труб в таких случаях должен производиться за пределы этих помещений на расстояние не менее 2 м от конька крыши.



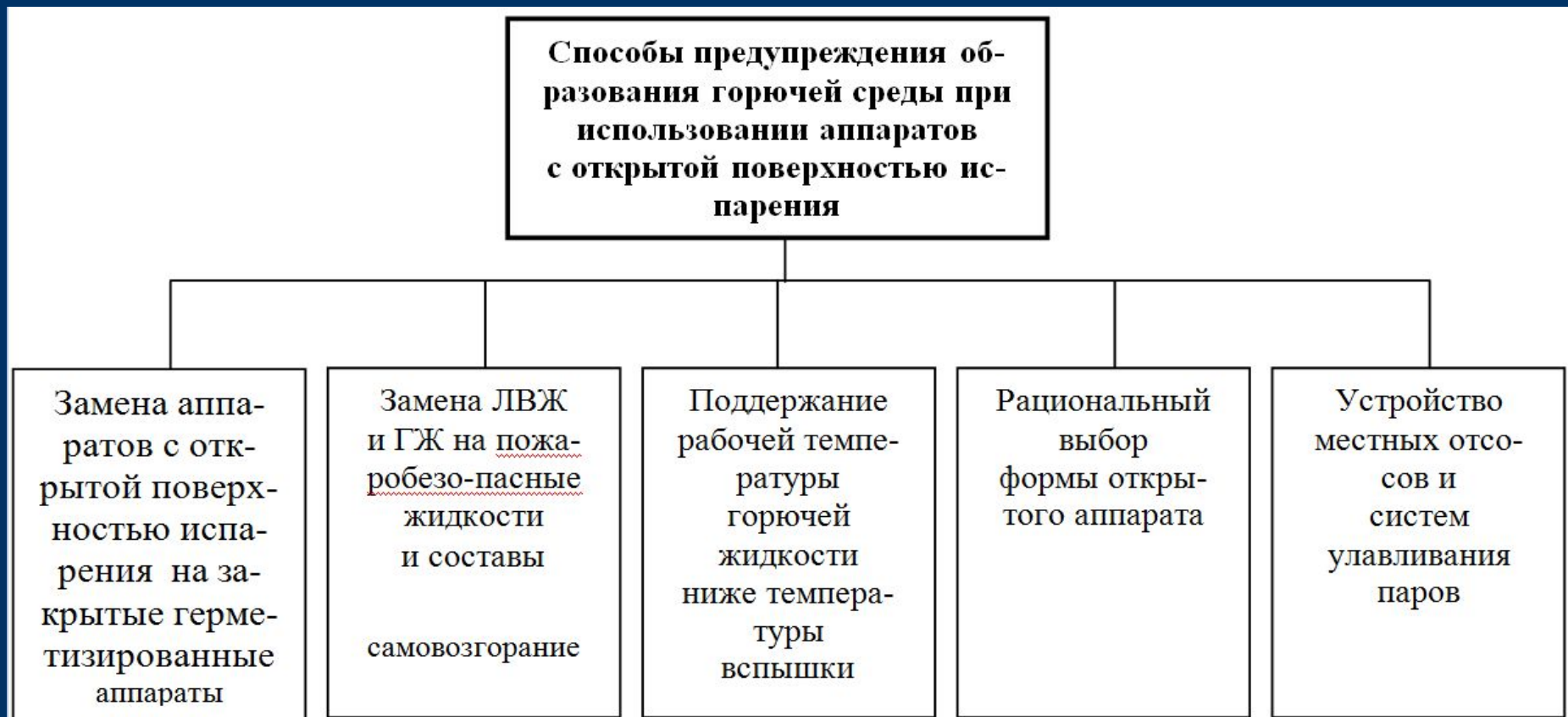
**Вопрос № 2. Образование
горючей среды при
эксплуатации аппаратов с
открытой поверхностью
испарения, аппаратов
периодического действия и
герметичных аппаратов,
работающих под избыточным
давлением (40 мин).**

Аппараты с открытой поверхностью испарения

Горючая концентрация паров жидкости в смеси с воздухом над поверхностью таких аппаратов будет образовываться в том случае, если рабочая температура жидкости t_p будет выше температуры вспышки паров:

$$(13) \quad t_p \geq t_{ВСП}$$

Для предупреждения образования горючей среды при использовании аппаратов с открытой поверхностью испарения необходимо предусматривать следующие мероприятия и технические решения:



1. Заменять по возможности аппараты с открытой поверхностью испарения на закрытые герметизированные аппараты.

Такие мероприятия рекомендуется производить при пересмотрении и внесении изменений в технологические схемы.

2. Заменять ЛВЖ и ГЖ на пожаробезопасные жидкости и составы.

В настоящее время различными научно-исследовательскими организациями разработано достаточно большое количество пожаробезопасных жидкостей, которые могут применяться в тех или иных технологических процессах вместо ЛВЖ и ГЖ. Перечни таких жидкостей приводятся в специальных каталогах, которые широко используются в промышленности.

3. Поддерживать рабочую температуру горючей жидкости ниже температуры вспышки.

При этом условие безопасности записывается следующим образом:

$$t_p < t_{всп} - 10. \quad (14)$$

Выполнение условия (14) позволяет исключить образование над поверхностью жидкости горючих смесей.

4. Производить выбор наиболее рациональной формы открытого аппарата, позволяющей иметь минимальную величину поверхности испарения.

5. Устройство систем местных отсосов и систем улавливания выделяющихся при испарении паров жидкости непосредственно у аппаратов. При этом концентрация горючих паров над поверхностью жидкости не должна превышать 50% от НКПР.

Аппараты, периодически открываемые для выгрузки и загрузки веществ

Оценка возможности образования горючей среды в объеме помещений или локальных зонах в общем случае может быть произведена путем сравнения фактической концентрации горючих веществ ϕ_{ϕ} со значением НКПР пламени $\phi_{н}$. Горючая среда будет образовываться в том случае, если выполняется условие:

$$\varphi_{\phi} \geq \varphi_{н} \quad (15)$$





Способы предупреждения образования горючей среды в помещениях при использовании аппаратов периодического действия

Замена аппаратов периодического действия на герметичные аппараты непрерывного действия

Герметизация загрузочных и разгрузочных устройств аппаратов

Устройство отсосов у мест сосредоточенного выхода горючих газов, паров и пылей из аппаратов

Устройство отсосов из внутреннего объема аппаратов с открытой выгрузкой веществ

Очистка аппаратов от остатков продукта, продувка инертным газом или заполнение водой при их остановке

1. Заменять по возможности аппараты периодического действия на герметичные аппараты непрерывного действия. Такие мероприятия, также как и в случае использования аппаратов с открытой поверхностью, рекомендуется производить при пересмотрении и внесении изменений в технологические схемы.

2. Максимально герметизировать загрузочные и разгрузочные устройства аппаратов. Для этого используются специальные уплотнительные прокладки, выполняемые из материалов, стойких к воздействию окружающей среды. Загрузку и разгрузку аппаратов лучше производить не открытым способом, а через специальные загрузочные и разгрузочные трубы.

При выгрузке веществ из аппаратов необходимо использовать закрытую тару.

3. **Предусматривать системы местных отсосов горючих газов, паров и пылей у мест их сосредоточенного выхода из аппаратов (открываемые крышки, люки для взятия проб и т.п.). При этом концентрация горючих веществ в воздухе непосредственно у мест отсоса и в воздуховодах не должна превышать 50% от НКПР.**

4. Предусматривать системы отсоса горючих паров и газов из внутреннего объема аппаратов с открытой выгрузкой веществ. При этом гашение вакуума в аппарате должно производиться путем подачи в него инертного газа в момент выгрузки веществ или в течение всего периода работы.

5. Очищать освобожденные аппараты от остатков продукта, продувать инертным газом или заполнять водой при их остановке на длительный период.

Герметичные аппараты, работающие под избыточным давлением.

При эксплуатации таких аппаратов даже при их исправном состоянии могут происходить небольшие утечки горючих веществ через прокладки, швы, разъемные соединения, уплотнения валов, плунжеров и т.п. При соприкосновении двух поверхностей из-за наличия незначительных выпуклостей образуется большое количество капиллярных каналов, по которым происходит истечение газов и жидкостей.

Создать надежную герметичность сальников достаточно трудно (износ и утечка)

На один центробежный насос утечка горючей жидкости составляет до 1000 гр/час и может быть найдена по формуле:

$$G = 0,005 \cdot d \cdot \rho \cdot K \cdot \sqrt{H} \quad (16)$$

где: d – диаметр вала, м; ρ – плотность жидкости; K – коэффициент испаряемости жидкости; H – рабочее давление насоса, м.вод.ст.

Для оценки возможности образования горючей среды в объеме помещений или локальных зонах необходимо, как и в случае с аппаратами периодического действия, проверить условие по формуле (15).

Горючая смесь образуется над поверхностью испарения и может перемещаться в окружающей среде на значительное удаление от места испарения.

Интенсивность испарения определяется интенсивностью переноса паров, следует отметить, что это явление характеризуется не термодинамикой жидкости, а переносом паров жидкости по закону диффузии Фика, а именно:

$$(17) \quad I = - \frac{dG}{d\tau} \cdot \frac{1}{F} = -D \cdot \rho \cdot \frac{d\varphi}{dy},$$

где G - масса паров горючей жидкости, кг; t - время испарения, с; F - площадь испарения, м^2 ; D - коэффициент диффузии; ρ - плотность паров испаряющейся жидкости;

Из уравнения (1) основная задача состоит в определении градиента функции $\frac{d\varphi}{dy}$,

$$\frac{d\varphi}{dy} = n \cdot \frac{\Delta\varphi_s}{h_{\text{облака}}}, \quad \Delta\varphi_s = \varphi_s \quad (18)$$

Это при условии, что в окружающей среде отсутствуют пары горючей жидкости от испарения в неподвижную среду.

Если же окружающая среда подвижна, тогда:

$$\Delta\varphi_s = \Delta\varphi_s - \bar{\varphi}, \quad (19)$$

при этом $\bar{\varphi}$ - средняя концентрация паров
жидкости за пределами граничного слоя

при $h = \Delta h_{\text{граничное}}$ (20)

в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 для определения интенсивности переноса паров испаряющейся горючей жидкости определяется по эмпирической формуле

$$I = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s, \quad (21)$$

где P_s - давление насыщенных паров испаряющейся горючей жидкости, кПа;

η - коэффициент влияния температуры окружающей среды и скорости движения воздуха в помещении, $\eta = 0-10$, при $\eta = 0$ - при отсутствии движения воздуха ;

M - молекулярная масса паров горючей среды, кг/кмоль.

В случае использования **герметичных аппаратов**, работающих под избыточным давлением, образования горючей среды внутри помещений и на открытых технологических площадках можно избежать путем выполнения следующих мероприятий и технических решений:

1. Применением сварки, пайки, развальцовки, склеивающих и цементирующих составов для обеспечения надежной герметичности неразъемных соединений.

2. Использование легкодеформируемых и износоустойчивых прокладочных материалов (фибры, резины, асбеста, паронита и т.п.) для обеспечения герметичности разъемных (например, фланцевых) соединений.

3. Применением по возможности оборудования без сальниковых уплотнений.
Для обеспечения герметичности в местах прохода валов через корпус аппаратов рекомендуется вместо сальниковых уплотнений или в дополнение к ним предусматривать торцевые уплотнения.

4. Устройством отсосов паров и газов у мест установки сальниковых уплотнений. Такие мероприятия предусматриваются в том случае, если нет возможности заменить сальниковые уплотнения на уплотнения других видов.

5. Проверкой оборудования на герметичность. Она должна производиться каждый раз перед пуском технологического оборудования после ремонта, обслуживания, длительного простоя, а также через определенные отрезки времени, предусмотренные технологической инструкцией.





Задание на самостоятельную подготовку:

Изучить способы защиты от образования горючей среды при эксплуатации аппаратов с дыхательными устройствами, аппаратов с открытой поверхностью испарения, аппаратов периодического действия и герметичных аппаратов, работающих под избыточным давлением.