

# Санкт – Петербургский университет ГПС МЧС России

## КАФЕДРА СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

для слушателей обучающихся по направлению дополнительное профессиональное образование, повышение квалификации  
«ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕПОДГОТОВКА МЛАДШИХ ИНСПЕКТОРОВ ГРУППЫ (ОТДЕЛЕНИЯ) ПРОФИЛАКТИКИ ПОЖАРОВ»

Раздел № 3.1. Пожарная безопасность технологических процессов и производств

Тема № 3.1.1: Основы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов

Лекция № 3: Причины и условия образования горючей среды внутри технологического оборудования

Вопросы:

1. Условия образования горючей среды в аппаратах с газами. Технические решения по защите от образования горючей среды.
2. Условия образования горючей среды в аппаратах с жидкостями. Основные меры, направленные на предупреждение образования горючей среды.
3. Условия образования горючей среды в аппаратах с пылями. Основные направления по предупреждению образования горючей среды.
4. Образование горючей среды в периоды пуска и остановки аппаратов.

# Литература

## Основная:

1. Артамонов В.С., Демёхин В.Н, Крейтор В.П, Б.Б. Серков и др.« Здания , сооружения и их устойчивость при пожаре» , учебник, часть I «Строительные материал, их пожарная опасность и поведение в условиях пожара». Санкт-Петербург 2007г.
2. Пожарная безопасность технологических процессов: 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. – 221 с.
3. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Взрывобезопасность: Учебник/ под редакцией В.С.Артамонова. – СПб.: Астерион, 2006.- 392с.: ил.-(Серия Вузовский учебник).
4. Моторыгин Ю.Д. Математическое моделирование процессов возникновения и развития пожаров. – СПб. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2011. – 175с.

## Дополнительная:

1. Справочник «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов», в 2-х томах, под редакцией А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко и др. М. Химия, 1990г.
2. Малинин В.Р., Хорошилов О.В. «Методика анализа пожаровзрывоопасности технологий» Учебное пособие,СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2000г.
3. Аникеев С.В., Найденов О.Н., Собурь С.В. «Справочник инспектора пожарного надзора»ч.1,2, Москва, ПожКнига, 2013.

## Нормативные правовые акты:

1. ФЗ №123-ФЗ от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» с изм. (в редакции от10.07.2012г. №117).
2. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
- 3.ГОСТ Р 12.3.047 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
- 4.СП2.131.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».
- 5.СП4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты»

Вопрос 1: Условия образования горючей среды в аппаратах с газами.  
Технические решения по защите от образования горючей среды

При оценке пожарной опасности газов определяют:

- область воспламенения в воздухе;
- максимальное давление взрыва;
- температуру самовоспламенения;
- категорию взрывоопасной смеси;
- минимальную энергию зажигания;
- минимальное содержание кислорода;
- нормальную скорость горения;
- критический ( гасящий диаметр);
- характер взаимодействия горящего вещества с водопенными средствами тушения.

Наличие горючей смеси с воздухом внутри аппаратов и трубопроводов может быть выражена условием:

$$C_{нпв} \leq C_{раб.} \leq C_{впв}$$

С учетом запаса надежности:

$$0.5 C_{нпв} \leq C_{раб.} \leq 100 - (100 - C_{впв}) : K.$$

$C_{раб.}$  - рабочая концентрация газа в аппарате, % или г/м<sup>3</sup>  
 $C_{нпв}$  и  $C_{впв}$  - верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения газа, % или г/м<sup>3</sup>.

Запас надежности для нижнего значения концентрационного предела воспламенения принимается равным 50% от его значения, а верхний определяют по формуле: С учетом запаса надежности:

$$0.5 C_{нпв} \leq C_{раб.} \leq 100 - (100 - C_{впв}) : K.$$

$K$  - коэффициент, зависящий от численной величины верхнего предела воспламенения.  $K=1.04-1.1$

Концентрация газа (рабочая) не может быть определена по рабочей температуре или давлению в аппарате. она определяется анализом или устанавливается по технологическому регламенту.

Особое внимание следует обратить на аппараты или трубопроводы, в которых по условиям технологии находятся смеси горючего газа и окислителей.



## *Технические решения по защите от образования горючей среды.*

Обеспечить эксплуатацию аппаратов с горючими газами без образования в них взрывоопасных концентраций можно с помощью следующих технических решений:

а) при наличии смеси горючего газа и окислителя рабочая концентрация в аппаратах должна устанавливаться выше верхнего или ниже нижнего пределов воспламенения с учетом запаса надежности;

б) нельзя нарушать принятое безопасное соотношение смеси горючее-окислитель, для чего на питающих аппарат линиях устанавливают автоматические регуляторы соотношения и автоматические регуляторы давления;

в) нарушение автоматического регулирования соотношения компонентов или прекращение подачи одного из них должно сопровождаться автоматическим отключением питающих линий и одновременным пуском в систему негорючего газа;

г) применение флегматизирующих добавок, если смесь находится в пределах воспламенения или близкой к ним;

д) установка газоанализаторов с подачей автоматически сигнала об отклонении от нормы.



## Вопрос 2: Условия образования горючей среды в аппаратах с жидкостями. Основные меры, направленные на предупреждение образования горючей среды

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости в основном являются продуктами перегонки нефти или сухой перегонки каменного угля, дерева, сланцев и т.п. При оценке пожарной опасности жидкостей определяют:

- группу горючести;
- температуру вспышки;
- температуры воспламенения и самовоспламенения;
- температурные пределы воспламенения;
- характер взаимодействия горящего вещества с водопенными средствами тушения;
- минимальные огнегасительные концентрации средств объемного тушения;
- скорость выгорания и скорость прогрева при выгорании.

Для ЛВЖ дополнительно:

- область воспламенения в воздухе;
- максимальное давление взрыва;
- категорию взрывоопасной смеси;
- минимальную энергию зажигания;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода
- нормальную скорость горения;
- критический ( гасящий диаметр).

Следует остановиться на пожарной опасности жидкостей, обусловленной их физико-химическими свойствами:

- низкая температура кипения и легкость испарения;
- низкая температура вспышки и способность паров образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, обладающих значительной разрушительной мощностью;
- высокая теплотворная способность и большая скорость сгорания обеспечивают развитие при пожаре высоких температур и быстрое разрушение конструкций;
- малый удельный вес ЛВЖ и нерастворимость их в воде вызывает необходимость применения специальных средств пожаротушения;
- высокий удельный вес паров затрудняет удаление их из помещений с помощью естественной вентиляции;
- способность жидкостей при трении образовывать статическое электричество, причем электростатический потенциал может достигать до 13-20 тыс.в, а для воспламенения ЛВЖ достаточно искры от потенциала 500в;
- коррозирующее действие жидкостей на стенки емкостей вызывает появление неплотностей и утечку жидкостей и образование взрывоопасных смесей.



Причинами образования взрывоопасных смесей могут быть:

- негерметичность аппаратов и сообщаемость их внутреннего объема с окружающей средой через дыхательные клапаны;
- изменение внешних температурных условий, влияющих на давление паров хранимой жидкости и концентрацию паровоздушной смеси в аппарате;
- изменение уровня жидкости в процессе их наполнения или опорожнения;
- повреждения аппаратов в результате механических или химических воздействий;
- несоблюдение режима эксплуатации.



*Влияние давления пара хранимого продукта.* Состав паровоздушной смеси в резервуарах зависит от давления хранимой жидкости.

Концентрацию паров можно определить по формуле:

$$V = P_{\text{пар}} \cdot 100 / 760 \%$$

$P_{\text{пар}}$ .- давление насыщенных паров жидкости в мм рт.ст. при данной температуре.

*Влияние температуры внешней среды.* Состав паровоздушной смеси в наджидкостном пространстве аппарата зависит также и от температуры окружающей среды.

При повышении температуры скорость испарения жидкости и давление её паров увеличивается. В связи с этим увеличивается концентрация паровоздушной смеси в аппарате, которая для одних жидкостей (керосин, спирт ит.п.) может оказаться в пределах взрыва, а для других (бензин, бензол, ацетон) – выйти за верхние пределы взрыва.

*Влияние изменения уровня хранимой жидкости.* При опорожнении аппарата уровень жидкости понижается. И при этом увеличивается свободное пространство, в результате чего возникает разрежение и через дыхательный клапан или неплотности в аппарат поступает воздух. Концентрация паровоздушной смеси при этом уменьшается и может оказаться в пределах взрыва. Через некоторое время вследствие испарения жидкости концентрация паров снова увеличивается и достигает первоначальной величины.

При наполнении резервуара паровоздушная смесь выбрасывается наружу через дыхательный клапан или неплотности. В этом случае пространство вокруг резервуара и над его крышей на высоту до 3-5 метров может быть насыщено парами ЛВЖ, что при воспламенении от различных источников вызывает пожар вне резервуара.

Эти два процесса называются БОЛЬШИМ (при изменении уровня) и МАЛЫМ (при изменении температуры) ДЫХАНИЯМИ.

Условия образования горючей смеси в аппарате:

$$t_{нпв} \leq t_{раб.} \leq t_{впв} ,$$

с учетом запаса надежности:

$$t_{нпв} - 10^{\circ}\text{C} \leq t_{раб.} \leq t_{впв} + 10^{\circ}\text{C}$$

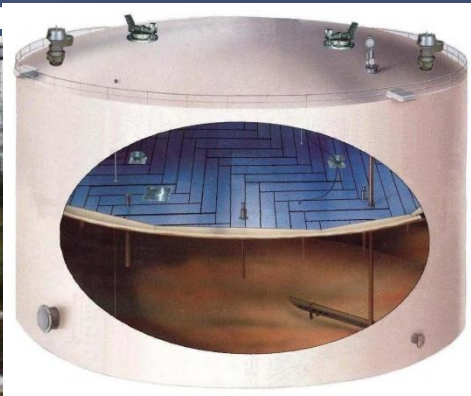


## Основные меры, направленные на предупреждение образования горючей среды.

Обеспечить эксплуатацию аппаратов и емкостей без образования в них взрывоопасных концентраций позволяют при ликвидации паровоздушного объема следующими способами:

1. устройством хранилищ, в которых горючие жидкости находятся под защитным слоем воды или над слоем воды (при таком способе хранить возможно только в веществе не смешивающемся с водой – сероуглерод, нефтепродукты);
2. применение резервуаров с плавающей крышей и плавающими понтонами. Крыша- полый диск из стальных листов толщиной 2-5мм, крыша разделяется перегородками на ряд отсеков для обеспечения непотопляемости. Зазор между крышей и стенками резервуара уплотняется специальными затворами для обеспечения герметичности при перемещении крыши. Понтоны выполняются из труб (каркас в виде концентрических колец) и пленки (ковер). Термостойкая пленка укладывается на алюминиевую сетку, которая служит и для отвода статического электричества. Зазор между понтоном и стенками резервуара герметизируется петлеобразными эластичными затворами. Такие резервуары позволяют резко снизить потери жидкости от испарения.

ей с эластичными, складывающимися стенками



### Вопрос 3: Условия образования горючей среды в аппаратах с пылями. Основные направления по предупреждению образования горючей среды.

В зависимости от размеров частиц и скорости движения воздуха пыль может находиться как во взвешенном (аэрозоль), так и в осевшем (аэрогель) состоянии.

#### Величины взрывоопасных концентраций (концентрационных пределов воспламенения) пылевоздушных смесей зависят:

- от химического состава вещества;
- от измельченности;
- от влажности и зольности.

#### При оценке пожарной опасности определяют:

- группу горючести;
- температуры воспламенения и самовоспламенения;
- характер взаимодействия горящего вещества с водопенными средствами тушения;

#### Для пылей дополнительно определяется:

- нижний предел воспламенения аэровзвеси;
- максимальное давление взрыва аэровзвеси;
- минимальную энергию зажигания аэровзвеси;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода ;





Наиболее важное значение имеет нижний предел воспламеняемости, т.к. верхние пределы имеют высокие величины и практически редко достижимы.

Условием наличия взрывоопасной концентрации пыли внутри аппарата с учетом запаса надежности будет условие:

$$C_d \geq 0.5 C_{нпв}$$

$C_d$  – действительная концентрация определяется с учетом наличия взвешенной и осевшей пыли;

$C_{нпв}$  – нижний концентрационный предел воспламенения по справочным данным или опытным путем.

Значительную опасность для аппаратов представляет скопление осевшей пыли, которая при взвихрении может дать взрывоопасные смеси.

Самовозгорающаяся пыль дает очаги самовозгорания. Искры, образующиеся от ударов металлических частиц, попавших в машину, могут вызвать очаги тления. От которых воспламенится и взвешенная пыль.

Осевшая пыль скапливается в застойных участках, тупиках, в местах резкого изменения диаметров. Скоплению осевшей пыли способствуют увеличение влажности воздуха и конденсация влаги на стенках аппаратов и трубопроводов.

## *Основные направления по предупреждению образования горючей среды.*

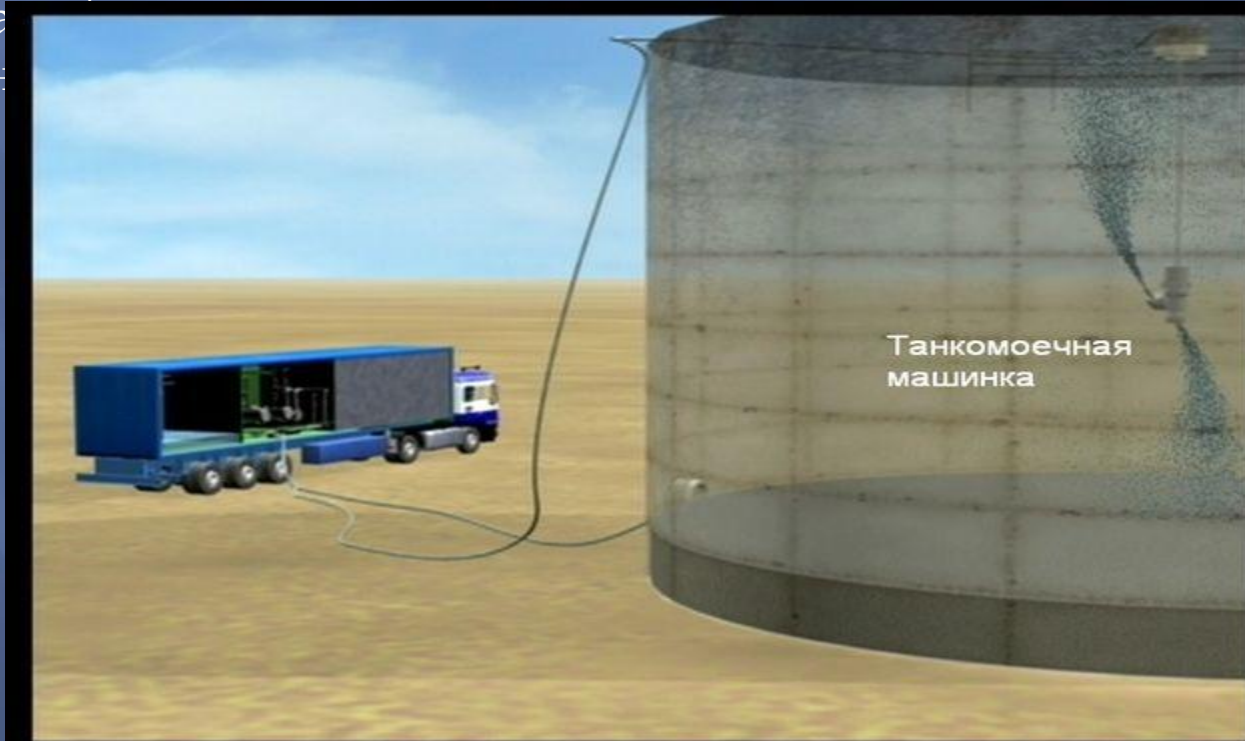
- а) введение негорючих внутрь аппарата в течение всего периода работы или только в наиболее опасные моменты (периоды пуска или остановки), возможность добавления к огнеопасной пыли минеральных веществ (мела);
- б) устройства систем отсосов пыли из машин;
- в) использование негорючих газов для пневматической транспортировки;
- г) установление оптимальной скорости воздуха (негорючих газов) и систематического контроля за её величиной (избежать осаждение пыли);
- д) конструктивными решениями аппаратов и трубопроводов, обеспечивающих минимальное скопление пыли: гладкообработанные внутренние поверхности, плавные повороты трубопроводов, плавные переходы диаметров, уклон конусной части аппаратов не менее  $60^\circ$ , а сомотечных трубопроводов – не менее  $45^\circ$  к горизонту;
- е) использование вибраторов;
- ж) предохранение стенок аппаратов и трубопроводов от увлажнения (размещение их в отопляемых помещениях, устройство теплоизоляции);
- з) применение менее «пылящих» процессов измельчения (увлажнение, мокрые



## Вопрос 4: Образование горючей среды в периоды пуска и остановки аппаратов

Непосредственными причинами образования взрывоопасных концентраций в технологическом оборудовании (аппараты, трубопроводы) при остановке являются:

- А) неполное удаление из аппаратов огнеопасной жидкости ( из его нижней части, тарелок, насадок и др. устройств).
- Б) отсутствие или недостаточная продувка негорючим газом или водяным паром, недостаточная промывка водой, плохое вентилирование внутреннего пространства оборудования (уменьшенное количество подаваемого газа или пара, уменьшенное время продувки, отсутствие контроля за составом продувочных газов, выводимых из аппарата).
- В) негерметичное отключение аппаратов, выходящих за пределы территории, горючие продукты.



Чтобы избежать образования взрывоопасных концентраций внутри оборудования при остановке необходимо:

1. полностью слить жидкости, при этом необходимо трубопровод для слива подсоединять к самой нижней точке аппарата. Устройство конических или сферических днищ облегчают данную задачу.
2. полностью стравить газы.
3. надежно отключить оборудование и продуть внутренний объем аппаратов, чтобы в них не оставалось паров жидкостей и газов.

Надежное отключение достигается различными способами:  
- для длительного отключения можно демонтировать одно звено трубопровода, но при этом необходимо сместить трубопровод со своего места, а также возможность выхода продуктов при негерметичности отключенного трубопровода.

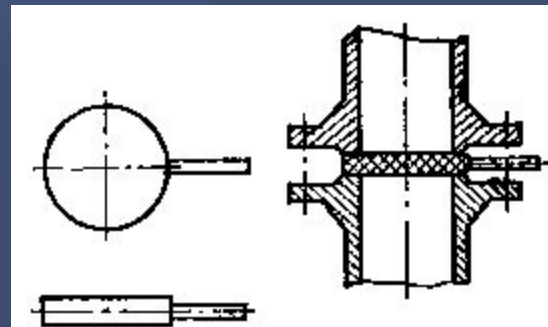


- установкой заглушек между фланцами. Заглушка имеет хвостик, для удобства определения мест их установки. Какие заглушки и места их установки должны быть точно указаны в документах, оформляемых на периоды остановки оборудования.

- использование гидравлических затворов - отключателей - при частом отключении, а трубопроводы имеют большой диаметр или расположены в труднодоступных местах. Гидравлические затворы для отключения линий устанавливаются только стационарно и только на газопроводах низкого давления. В нерабочем состоянии гидрозатвор свободно пропускает поток газа, а при заполнении - отсекает поток газа. Высота запирающего слоя воды  $H$  должна быть больше рабочего давления газа и определяется нормами.

- надежное отключение может быть обеспечено устройством на линии отводной линии между двух близко друг к другу расположенных задвижек.

4. окончательное удаление продуктов производится продувкой водяным паром или негорючими газами. Время продувки определяется расчетом. На время продувки влияет величина внутреннего объема и конструктивное устройство, количество горючих остатков, их летучесть, диаметры линий подачи газа на продувку и отвода смеси из аппарата, давление газа в продувочной линии.





Количество негорючего газа или водяного пара, подаваемого на продувку аппарата определяется, зная диаметр трубопровода и давление газа:

$$q = 15 \pi d^2 w$$

$w$  – скорость истечения газа из трубопровода в аппарат, м/сек.

Порядок отключения и продувки записывается в технологическую инструкцию.

После окончания продувки приступают к вскрытию аппарата. Открывают все люки и оставляют аппарат вентилироваться и охлаждаться. При необходимости проведения внутри ап берется на анализ про

