



ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ



ЛЕКЦИЯ

ТЕМА 2.1. Причины и условия
образования горючей среды внутри
технологического оборудования
(Пожарная безопасность технологических
вопросов)

Учебные вопросы:

ВОПРОС 1. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ В АППАРАТАХ С ГАЗАМИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ГС

ВОПРОС 2. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ В АППАРАТАХ С ПЫЛЯМИ. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ГС



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:

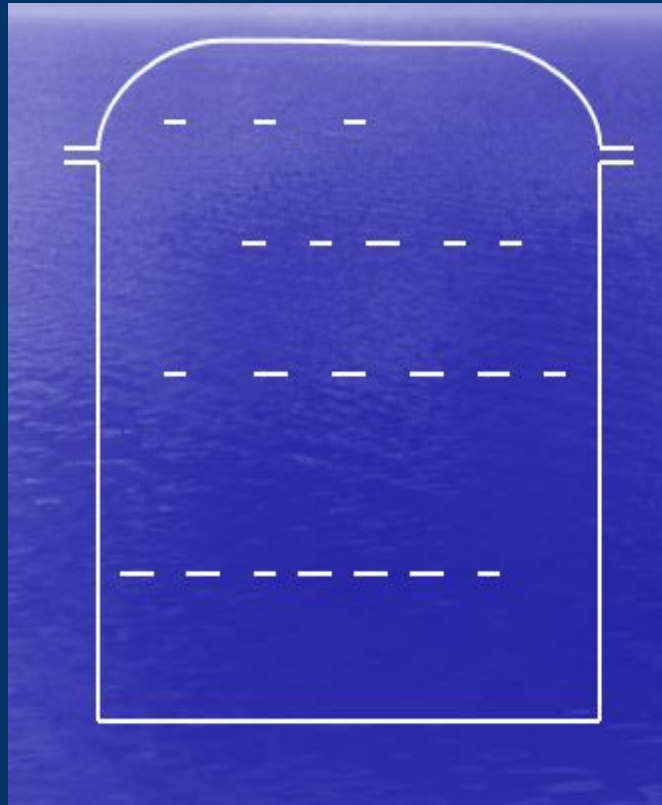
Федеральный закон РФ от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (действующая редакция).

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

Актуальность



СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА, ЗАПОЛНЕННОГО ГОРЮЧИМ ГАЗОМ



Условия образования горючей среды в аппаратах

Паровоздушная смесь в свободном пространстве аппарата может быть горючей (взрывоопасной), так и негорючей. ЛВЖ, ГЖ, газы обладают высокой степенью пожаровзрывоопасности.

Характерной особенностью практически всех ЛВЖ, ГЖ и жидких горючих газов является способность их к испарению при любых условиях. Над поверхностью ГЖ всегда находится их пары, которые, смешиваясь с воздухом, могут образовывать взрывоопасные смеси.

Условия образования горючей среды в аппаратах

Горючесть паровоздушной смеси определяется соотношением паров жидкости и окислителя (кислорода воздуха). Если в паровоздушной смеси недостает паров горючей жидкости, то испытываемая смесь не горит из-за недостаточного количества горючего компонента (**бедная смесь**). Если же в смеси избыток паров горючей жидкости, то смесь не горит из-за недостатка окислителя (**обогащенная смесь**).

Для каждой горючей жидкости установлены **нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени** (пределы воспламенения), в пределах которых паровоздушная смесь является горючей - взрывоопасной. Эти пределы даются в соответствующих справочниках.

Условия образования горючей среды в аппаратах

□ **Концентрация насыщения паров** φ_s определяется свойствами жидкости и температурой. С повышением температуры концентрация насыщенных паров φ_s возрастает по экспоненциальному закону (изменение φ_s в зависимости от температуры происходит по кривой - экспоненте).

Зависимость $\varphi_s = f(T)$ определяют через уравнение Антуана:

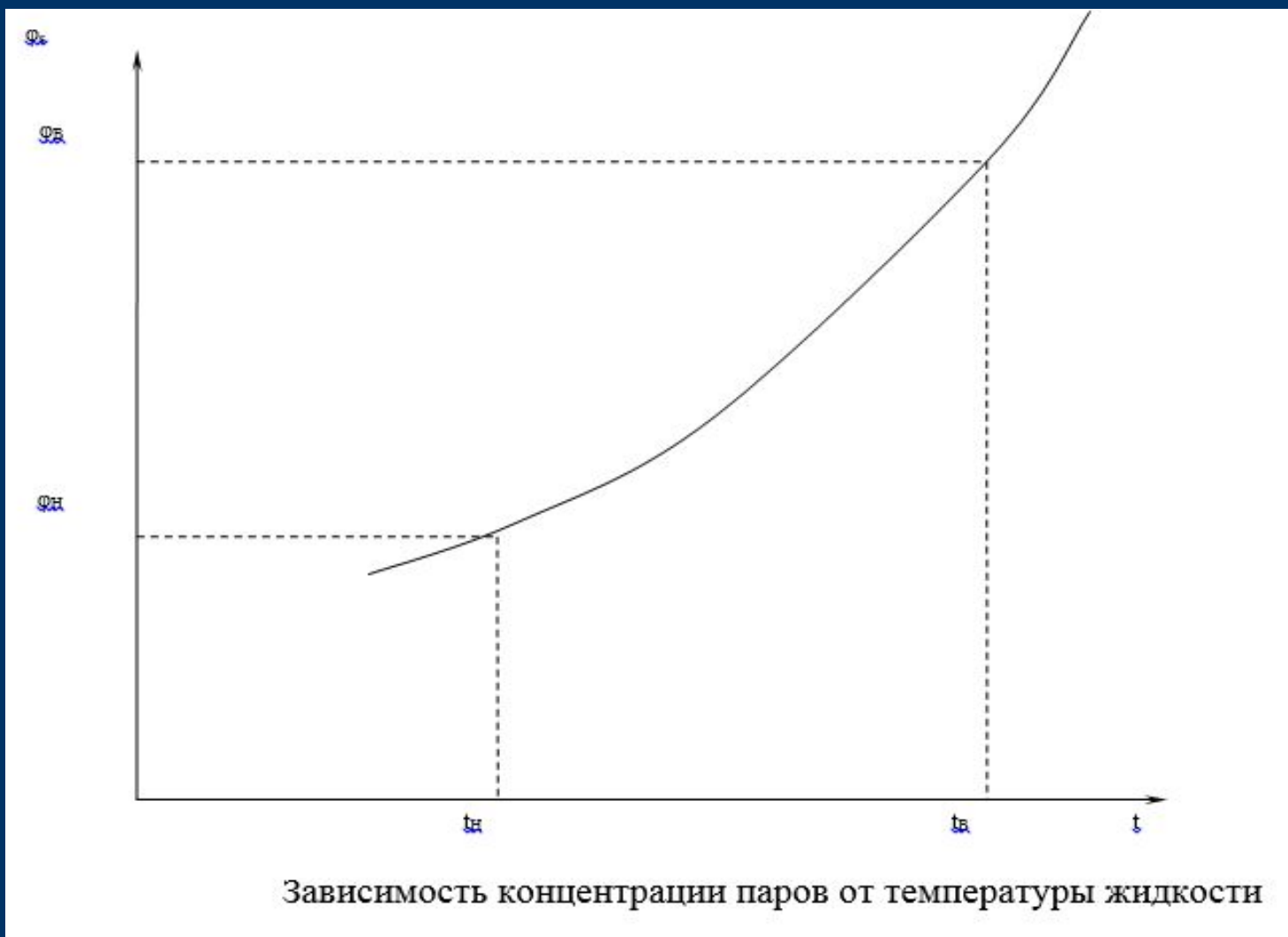
$$\lg P_s = A - \frac{B}{C_A + t},$$

где: A, B, C_A - константы Антуана, даются в справочнике под редакцией Баратова А.Н. приведенные к давлению в кПа;

P_s - парциальное давление насыщенных паров, кПа;

t - температура жидкости, °C

Условия образования горючей среды в аппаратах



Условия образования горючей среды в аппаратах

Температурные пределы t_H и t_B связаны с КГР пламени зависимостью:

$$t_{II} = \frac{B}{A - \lg \cdot (0,01 \cdot \varphi_{II} \cdot P_P)} - C_A$$

где φ_{II} - нижний или верхний КГР, % ;

P_P - атмосферное давление, 100 кПа;

A, B, C_A - константы уравнения Антуана для насыщенных паров.

Условия образования горючей среды в аппаратах

Зная давление насыщенного пара жидкости можно рассчитать скорость ее испарения по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s, \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

где: η - коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости и скорость воздушного потока над ее поверхностью;

M - молярная масса жидкости (вещества), г/моль;

P_s - давление насыщенного пара, кПа.

Условия образования горючей среды в аппаратах

Концентрацию паров жидкости φ_s в объемных долях по формуле:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p},$$

где P_p - рабочее давление в технологическом аппарате, кПа (при атмосферном давлении $P_p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$).

Условия образования горючей среды в аппаратах

В паровоздушном объеме закрытых аппаратов горючая смесь, смесь паров образуется только в температурных интервалах нагрева жидкости, которые называются Температурными пределами воспламенения. Обязательным условием для образования пожаровзрывоопасных концентраций паров в закрытых аппаратах с жидкостями являются:

- наличие паровоздушного пространства в аппарате;
- наличие в аппарате горючей жидкости, рабочая температура, которой находится в интервале между нижним и верхним температурными пределами воспламенения.

Условия образования горючей среды в аппаратах

Условия пожаровзрывоопасности
определяются соотношением:

$$(t_{НПВ} - 15) \leq t_{ОП} \leq (t_{ВПВ} + 15),$$

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости

В соответствии с законом Фика:

$$I = \frac{\partial G}{F \cdot \partial \tau} = -D \cdot \rho \frac{\partial \varphi}{\partial y},$$

где I - плотность потока массы пара (удельный массовый поток), $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

G - масса пара, кг ;

F - поверхность испарения, м^2 ;

τ - время, с ;

D - коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$;

ρ - плотность паров жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

φ - концентрация паров жидкости, % (объемные доли);

y - нормаль (перпендикуляр) к поверхности испарения жидкости, м ;

$\frac{\partial \varphi}{\partial y}$ - градиент (разность) концентраций паров жидкости.

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости

Перенос пара от поверхности жидкости с площади F в свободный объем аппарата может осуществляться за счет молекулярной диффузии и конвекции.

При диффузионном переносе пара процесс насыщения свободного объема аппарата протекает в две стадии.

Перенос пара процесс насыщения свободного объема аппарата протекает в две стадии.

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости

Первая стадия длится до тех пор, пока пары испаряющейся жидкости достигают верхней части свободного пространства аппарата (крышки резервуара).

Вторая стадия наступает после полного заполнения свободного объема аппарата, после чего наступает процесс полного насыщения свободного объема аппарата.

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости

На первой стадии концентрация φ над поверхностью жидкости распределена по параболическому закону описываемого зависимостью:

$$\varphi = \varphi_S \left(\frac{y}{h_{\Pi}} \right)^n,$$

где y - расстояние от верхней точки парового облака до измеряемой точки, м;

h_п - высота парового облака. под поверхностью испарения F, м;

n - относительный градиент концентрации.

$$n = \frac{\text{grad} \varphi}{\varphi_S / h_{\Pi}}, \quad n \approx 2$$

Динамика насыщения замкнутого объема парами испаряющейся жидкости

Высота парового облака изменяется во времени в соответствии с зависимостью:

$$h_{\Pi} = \sqrt{2 \cdot D \cdot n \cdot (n + 1) \cdot \tau_1},$$

Отсюда время τ_1 , в течении которого паровое облако достигнет верхней части свободного объема аппарата (крышки резервуара):

$$\tau_1 = \frac{h_{\Pi}^2}{2 \cdot D \cdot n \cdot (n + 1)} \approx \frac{h_{\Pi}^2}{12 \cdot D},$$

Условия образования горючей среды в аппаратах

На второй стадии средняя концентрация в свободном объеме аппарата уже изменяется по экспоненте и описывается формулой:

$$\bar{\varphi} = \varphi_S \cdot (1 - e^{-k\tau_2}),$$

где k - коэффициент (темп) насыщения:

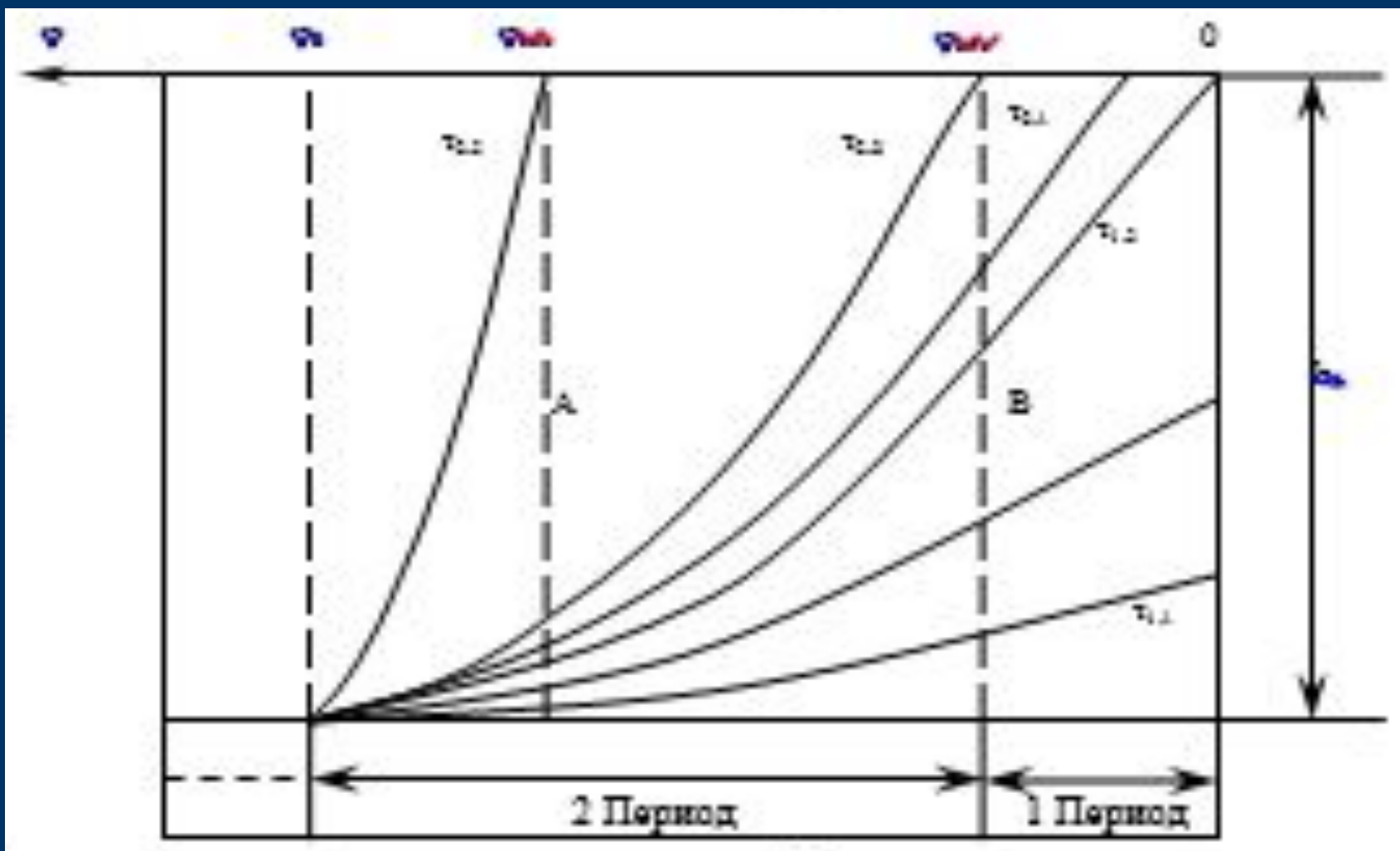
$$k = \frac{n \cdot D \cdot F}{V \cdot h_{II}},$$

где V - объем свободного объема аппарата, м³;

Для аппаратов с вертикальными стенками:

$$k = \frac{n \cdot D}{h_{II}^2}$$

Концентрация паров в различные моменты времени



МЕРОПРИЯТИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ГС ВНУТРИ АППАРАТОВ С ГАЗАМИ

Поддержание рабочей концентрации горючего газа за пределами области воспламенения

Автоматический контроль за содержанием опасной примеси в чистом газе или в газовых смесях (окислителя в горючем газе, горючего газа в окислителе, окислителя в инертном газе, окислителя в смеси горючего и инертного газа)

защиты от образования ГС в аппаратах

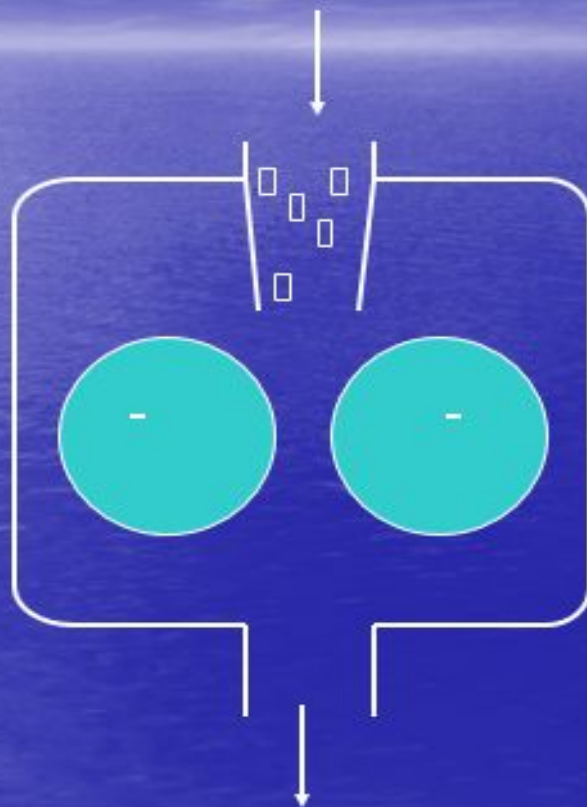
Применение систем автоматической блокировки, обеспечивающих прекращение подачи одного из компонентов горючей смеси, а в некоторых случаях сразу двух компонентов при опасных отклонениях концентрации

Использование инертных газов для флегматизации и горючих смесей

Поддержание в коммуникациях с горючими газами избыточного давления

Условия образования горючей среды в аппаратах с пылью

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА,
ЗАПОЛНЕННОГО ГОРЮЧЕЙ ПЫЛЬЮ



Условия образования горючей среды в аппаратах с пылью

$$F = f(\gamma, \mu, \omega, d, p)$$

$$\varphi_{\text{д}} \geq \varphi_{\text{н}}$$

$$\varphi_{\text{д}} \geq 0,5 \varphi_{\text{н}}$$

МЕРОПРИЯТИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ГС ВНУТРИ АППАРАТОВ С ПЫЛЯМИ

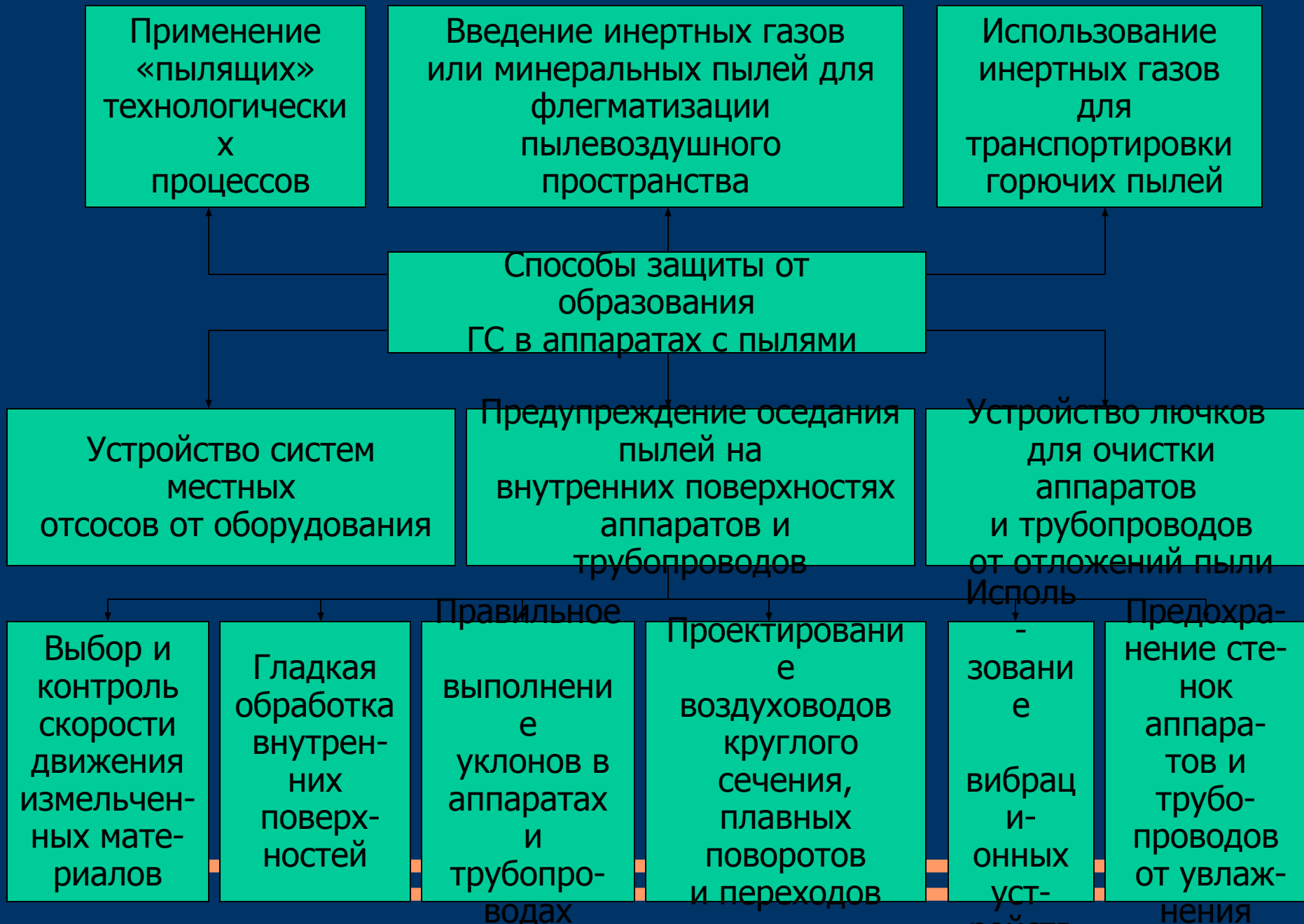
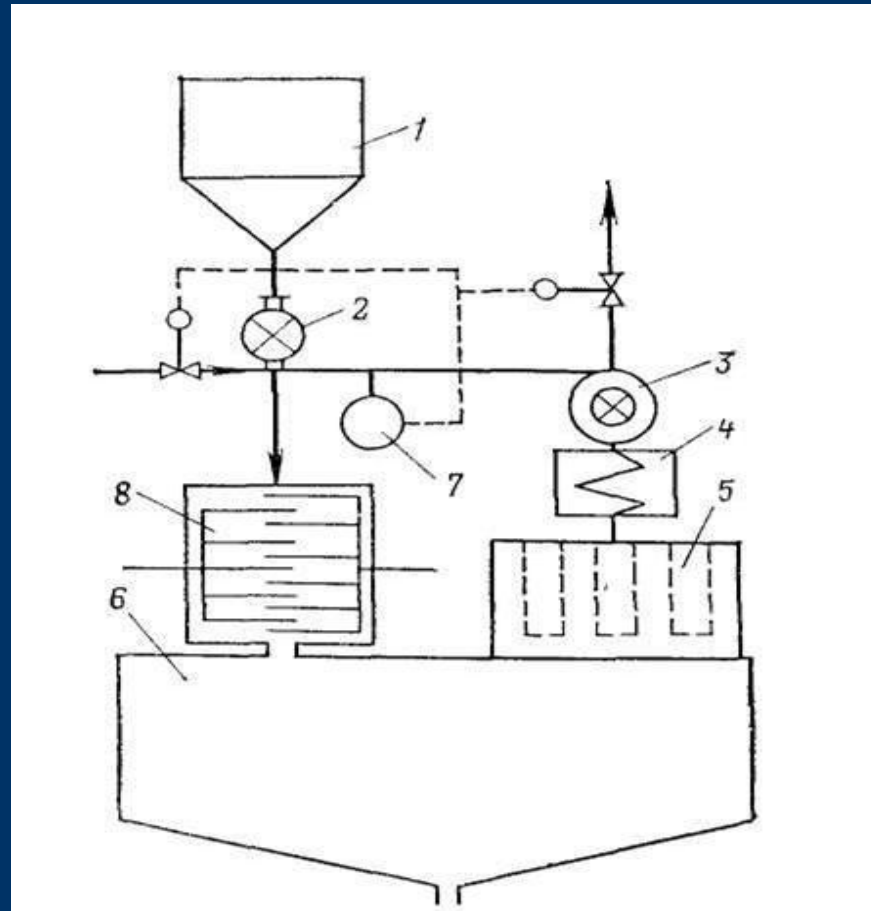
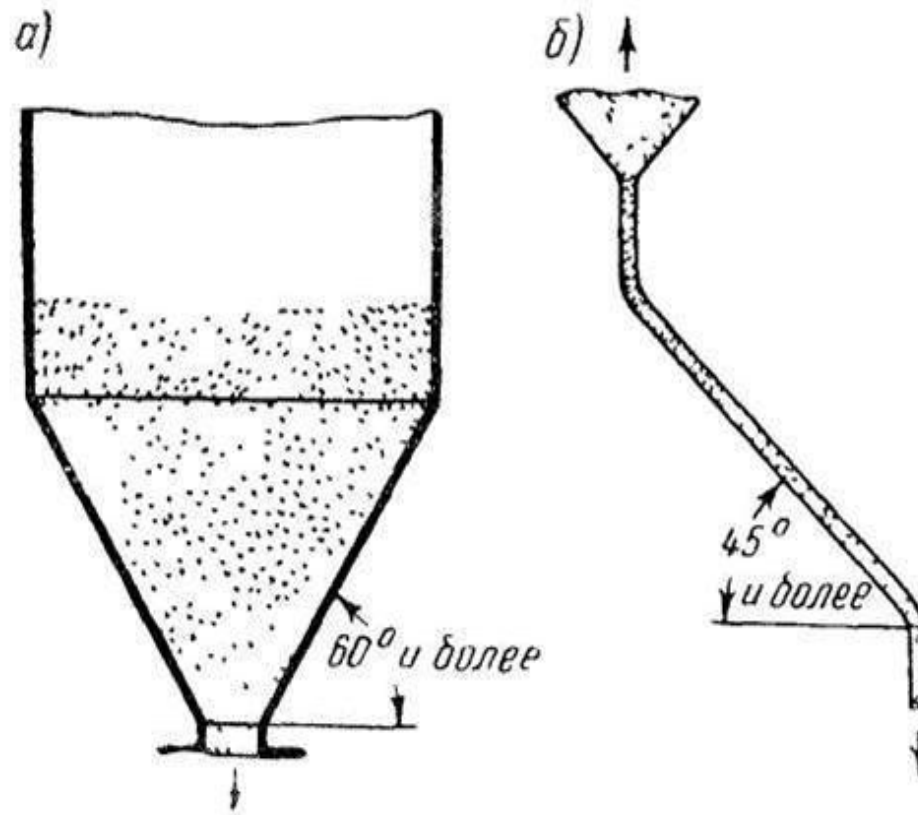


СХЕМА СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ИНЕРТНОГО ГАЗА В АППАРАТАХ С ГОРЮЧЕЙ ПЫЛЬЮ



1 - загрузочный бункер с сырьем; 2 - винтовой шнек; 3 - вентилятор для обеспечения циркуляции инертного газа; 4 - теплообменник для охлаждения инертного газа; 5 - фильтр для очистки инертного газа от частичек пыли; 6 - бункер-накопитель измельченного продукта; 7 - газоанализатор для контроля за наличием кислорода (концентрация кислорода не должна превышать МВСК); 8 - мельница.

СХЕМА, ОТОБРАЖАЮЩАЯ ДОПУСТИМЫЕ УКЛОНЫ СТЕНОК АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ С ПЫЛЕВИДНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ



ПУСК И ОСТАНОВКА АППАРАТА ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

- общую подготовку к пуску установки;
 - пуск установки;
 - вывод установки на режим;
 - нормальная остановка аппарата;
 - основные правила сдачи оборудования в ремонт, подготовка и проведение ремонта оборудования и коммуникаций
-
-

причины образования взрывоопасных концентраций в аппаратах и трубопроводах при их остановке

- Неполное удаление из аппарата огнеопасных жидкостей;
 - отсутствие или недостаточная продувка водяным паром или негорючим газом, недостаточная промывка водой;
 - негерметичное отключение от подлежащих остановке аппаратов соединенных с ними трубопроводов с огнеопасными жидкостями и газами
-
-

ПЕРИОДЫ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ В ПЕРИОДЫ ПУСКА И ОСТАНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Способы защиты от образования
горючей среды внутри
технологического
оборудования

В период пуска

В период остановки

Продувка
аппарато
в
от
воздуха
перед
подачей
горючих
веществ

Используй-
вание
ваку-
умных
систем
для
заполнени
я
аппаратов

Полный
слив
горючих
жидкостей
и страв-
ливание
горючих
газов

Слив ЛВЖ
и ГЖ
под
защитой
инертной
среды

Продувка
аппаратов
инертными
газами
или
пропаривание

Надежное
отключени
е
аппаратов
от
действую-
щего
техно-
логичес-
кого обо-
рудования

Условия образования горючей среды в аппаратах с газом

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУВКИ ДЛЯ ГАЗОВ

$$\tau_2 = \frac{V}{q} \ln \frac{\varphi_{нач}}{\varphi_{кон}}$$

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУВКИ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ

$$\tau_2 = n \frac{V}{q} \ln \frac{\varphi_{нач}}{\varphi_{кон}}$$

где $T_{г}$, $T_{ж}$ — время продувки аппарата с горючим газом и горючей жидкостью, *МИН*;

n — коэффициент, зависящий от летучести жидкости и ее количества. В среднем может быть принят в пределах 3—10.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУВКИ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ

$$q = \omega \cdot S = \omega \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 0.785 d^2 \cdot \omega$$

где ω — скорость подачи газа из трубопровода в аппарат, *м/сек*;

S — площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 ;

d — диаметр трубопровода, *м*.