**МЧС РОССИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ**

**ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ**

**Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств**

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Санкт-Петербург**

**2017**

**Бушнев Г.В., Симонова М.А.** Пожарная безопасность технологических процессов: методические указания по выполнению контрольной работы **/** Учебное пособие. ─ СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017. ─  с.

© СПб.:  Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017

**Содержание**

[Методические рекомендации по выполнению контрольной работы………….4](#_Toc487450390)

[Задача 1. Определение размеров взрывоопасных зон на открытых технологических площадках при выходе веществ через дыхательную арматуру 5](#_Toc487450391)

З[адача 2. Определение критического диаметра гашения пламени для сухих огнепреградителей 9](#_Toc487450392)

[Задача 3. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности 15](#_Toc487450393)

[Задача 4. Определение категории наружной технологической установки по пожарной опасности 35](#_Toc487450394)

[Задача 5. Определение необходимой высоты обвалования группы резервуаров 45](#_Toc487450395)

[Список литературы 58](#_Toc487450396)

[Приложение 1. 59](#_Toc487450397)

[Приложение 2 60](#_Toc487450398)

[Приложение 3 61](#_Toc487450399)

[Приложение 4 62](#_Toc487450400)

[Приложение 5 63](#_Toc487450401)

## **Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.**

В соответствии с учебным планом Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России при изучении курса «Пожарная безопасность технологических процессов» обучающиеся выполняют письменную контрольную работу. Контрольная работа включает в себя 5 задач.

Контрольная работа выполняется в электронном виде в редакторе Microsoft Word (97,03,10). Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, интервал полуторный. Поля: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, правое – 1,5 см, левое - 3 см. Страницы должны быть пронумерованы. Номер страницы располагается в правом нижнем углу листа.

На первом листе работы необходимо указать номер группы, номер зачетной книжки, фамилию, имя, отчество обучающегося, выполнившего работу, а также номер варианта Форма титульного листа указана в приложении 1.

При выполнении контрольной работы условия задач переписываются обязательно, четко и правильно. Ответы на вопросы обучающиеся должны иллюстрировать необходимыми схемами, рисунками или чертежами, которые выполняются с учетом требований стандартов в редакторах, совместимых с Microsoft Word и вставляются в работу в виде рисунков. Не допускается произвольно сокращать слова в тексте и подписях к иллюстрациям. В конце работы должна быть перечислена используемая литература.

При получении рецензии преподавателя на выполненную работу, обучающийся должен внимательно ознакомиться с замечаниями преподавателя, внести в работу соответствующие исправления, дополнения и уточнения.

Работы, выполненные не по своему варианту, не рецензируются.

Не зачтенная контрольная работа выполняется повторно с учетом замечаний рецензента.

Варианты заданий выбираются по сумме последней и предпоследней цифр зачетной книжки обучающегося.

## **ЗАДАЧА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН НА ОТКРЫТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛОЩАДКАХ ПРИ ВЫХОДЕ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ ДЫХАТЕЛЬНУЮ АРМАТУРУ**

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.

Нижний температурный предел распространения пламени (НТПР) и верхний температурный предел распространения пламени (ВТПР)- это температурные пределы, в рамках которых, в замкнутом объеме, смесь паров жидкости с окислителем способна воспламеняться от источника зажигания. Измеряются в градусах по Цельсию ºС.

Выход горючих паров из аппаратов с дыхательными устройствами происходит при увеличении температуры в газовом пространстве и в периоды их заполнения. Размер зоны горючих концентраций у дыхательных устройств зависит от количества выходящих паров, их свойств, конструкции емкости и самого дыхательного устройства и многих других факторов.

Следует различать “большое” и “малое” дыхание технологических аппаратов. Под "большим" дыханием технологических аппаратов с горючей испаряющейся жидкостью понимается вытеснение паров при значительном изменении уровня жидкости в технологических аппаратов, например, при наливе (сливе) горючего из резерва. Под "малым" дыханием понимается выход паров горючей испаряющейся жидкости при изменении температуры окружающей среды, например, температура воздуха днем и ночью.

Количество паров, которое может теряться при дыхании аппаратов, можно определить расчётным методом.

Масса паров ЛВЖ, выходящих через дыхательную арматуру

В случае наполнения резервуара масса паров определяется по формуле:

(1.1)

где

(1.2)

где: mv- масса выходящих паров ЛВЖ, кг;

ρv- плотность паров ЛВЖ, кг/м3;

PH- давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа, определяемое по уравнению Антуана:

(1.3)

A,B,C – константы уравнения Антуана;

P0- атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101);

VR- геометрический объем паровоздушного пространства резервуара (при отсутствии данных допускается принимать равным геометрическому объему резервуара), м3;

М - молярная масса паров ЛВЖ, кг/кмоль;

V0- мольный объем, равный 22,413 м3/кмоль;

t0 - расчетная температура, °С.

Радиус Rнкпр (м) и высота Zнкпр (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее - НКПР), при неподвижной воздушной среде определяется по формулам для паров ЛВЖ:

(1.4)

(1.5)

где:

Снкпр- нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % об.

**УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ**

Определить размеры взрывоопасных зон на открытых технологических площадках при выходе веществ через дыхательную арматуру. Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | Обращающееся вещество | Молярная масса, кг/кмоль | Константы уравнения Антуана | | | НКПР, % об | Температура воздуха, С | Объем аппарата, м3 |
| А | В | С |
| 00 | ацетон | 58 | 6,37551 | 1281,721 | 237,088 | 2,7 | 33 | 100 |
| 01 | бензол | 78 | 5,6139 | 902,275 | 178,099 | 1,43 | 34 | 150 |
| 02 | бутаналь | 72 | 7,08393 | 1768,4 | 273 | 1,8 | 35 | 200 |
| 03 | диизопропиловый эфир | 102 | 6,222 | 1257,6 | 230 | 1,3 | 27 | 300 |
| 04 | пентаналь | 86 | 6,45545 | 1460,272 | 255,175 | 1,57 | 28 | 250 |
| 05 | гексан | 86 | 5,99517 | 1166,274 | 223,661 | 1,24 | 29 | 500 |
| 06 | 2,3-диметилбутан | 86 | 5,93476 | 1127,187 | 228,9 | 1,2 | 30 | 80 |
| 07 | гептан | 100 | 6,07647 | 1295,405 | 219,819 | 1,07 | 32 | 250 |
| 08 | этанол | 46 | 7,81158 | 1918,508 | 252,125 | 3,6 | 34 | 500 |
| 09 | метанол | 32 | 7,3527 | 1660,454 | 245,818 | 6,98 | 36 | 1000 |
| 10 | изопрен | 68 | 6,02825 | 1080,996 | 234,668 | 1,7 | 10 | 750 |
| 11 | этилацетат | 88 | 6,2267 | 1244,951 | 217,881 | 2 | 31 | 3000 |
| 12 | этилформиат | 74 | 6,13395 | 1123,94 | 218,247 | 3,2 | 32 | 200 |
| 13 | циклогексан | 84 | 5,96991 | 1203,526 | 222,863 | 1,3 | 33 | 10 |
| 14 | бутанон-2 | 72 | 6,14946 | 1292,791 | 232,34 | 1,9 | 36 | 75 |
| 15 | метилацетат | 74 | 6,19017 | 1157,63 | 219,726 | 3,15 | 32 | 150 |
| 16 | неогексан | 86 | 5,87976 | 1081,176 | 229,343 | 1,2 | 31 | 200 |
| 17 | диэтилкетон | 86 | 6,35557 | 1477,021 | 237,517 | 1,6 | 33 | 250 |
| 18 | пропиламин | 59 | 6,38543 | 1243,947 | 235,877 | 2 | 30 | 300 |

КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

**Условие задачи**

Определить размеры взрывоопасных зон на открытой технологической площадке, на которой расположен резервуар с бензином Аи-92 объемом  
 1000 м3, при выходе веществ через дыхательную арматуру. Температура воздуха 250С.

**Решение:**

1. Выписать справочные данные для расчета:

Молярная масса 98,2 кг/кмоль

Температура вспышки -360С

Константы уравнения Антуана: А=4,12311

В = 664,976

С= 221,695

НКПР составляет 1,06% об

1. Определить плотность паров при заданной температуре по формуле 1.2
2. Определить давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа, по уравнению Антуана:
3. Определить массу паров, выходящих через дыхательную арматуру при наполнении резервуара:
4. Определить радиус Rнкпр (м) и высоту Zнкпр (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее - НКПР), при неподвижной воздушной среде:

## **ЗАДАЧА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО ДИАМЕТРА ГАШЕНИЯ ПЛАМЕНИ ДЛЯ СУХИХ ОГНЕПРЕГРАДИТЕЛЕЙ**

Сухими огнепреградителями называются защитные устройства, которые свободно пропускают поток жидкости или газов через твердую огнегасящую насадку, но задерживают пламя (гасят его). Действие сухих огнепреградителей заключается в разбиении газового потока на большое число маленьких струек, в которых потери тепла превышают тепловыделение в зоне реакции.

В основу действия сухих огнепреградителей положен принцип гашения пламени в узких каналах. В узких каналах потери тепла вызывают понижение температуры горения в зоне реакции, снижение скорости химической реакции, уменьшение скорости распространения пламени и сужение концентрационных пределов воспламенения смеси. При уменьшении диаметра канала увеличивается его поверхность на единицу массы реагирующей смеси, то есть возрастают потери тепла из зоны реакции на единицу массы смеси. Когда эти потери тепла из зоны горения достигают некоторой критической величины, температура горения и скорость реакции настолько уменьшается, что дальнейшее распространение горения смеси в узком канале становится невозможным.

Критический диаметр гашения пламени является характеристикой горючей газовой смеси при определенной температуре и давлении и представляет собой минимальный диаметр канала, через который пламя стационарной газовой смеси еще может распространяться неограниченно.

Для расчета критического диаметра гашения пламени используют следующую формулу:

 (2.1)

где  - критерий Пекле, характеризующий соотношение динамики процессов выделения и отвода тепла в узких каналах. При расчетах принимают;

 - коэффициент теплопроводности горючей смеси, ;

 -универсальная газовая постоянная, ;

 -начальная температура горючей смеси, ;

 -нормальная скорость распространения пламени, ;

 -теплоемкость горючей смеси при постоянном давлении, ;

 -давление горючей смеси,;

 -молярная масса горючей смеси, .

В формуле (2.1) теплоемкость горючей смеси и молярную массу  можно определить, используя свойство аддитивности:

 (2.2)

 (2.3)

где  -мольная доля *i*-того компонента горючей смеси;

 -теплоемкость *i*-того компонента горючей смеси, ;

-молярная масса *i*-того компонента горючей смеси, .

Для определения теплопроводности горючей смеси используют следующую формулу:

 (2.4)

Для смеси двух газов формула (4.4) принимает следующий вид:

 (2.5)

Коэффициенты  и  определяют по следующим формулам:

,  (2.6)

, (2.7)

где  и - коэффициенты вязкости компонентов горючей смеси, ;

 и  - постоянные Сюзерленда для компонентов горючей смеси, ;

 - постоянная Сюзерленда для горючей смеси, определяемая по

формуле ;

 - начальная температура горючей смеси, .

При отсутствии справочных данных постоянные Сюзерленда для каждого компонента горючей смеси могут быть приближенно определены по формуле:

, (2.8)

где  - абсолютная температура кипения при атмосферном давлении, .

**2.1. УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ №2**

Определить диаметр пламегасящих каналов сухого огнепреградителя, установленного на линии транспортировки горючей смеси. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

**2.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варианты  заданий | Горючая смесь | Давление Р,  МПа | Температура Т,  оС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | Аммиак с кислородом | 0,1 | 35 |
| 1 | Аммиак с воздухом | 0,1 | 63 |
| 2 | Ацетилен с кислородом | 0,1 | 36 |
| 3 | Ацетон с воздухом | 0,1 | 59 |
| 4 | Ацетон с кислородом | 0,1 | 74 |
| 5 | Бензол с воздухом | 0,1 | 64 |
| 6 | Бензол с кислородом | 0,1 | 42 |
| 7 | Бутан с воздухом | 0,1 | 35 |
| 8 | Бутан с кислородом | 0,1 | 66 |
| 9 | Водород с воздухом | 0,1 | 30 |
| 10 | Гексан с кислородом | 0,1 | 46 |
| 11 | Изобутан с воздухом | 0,1 | 74 |
| 12 | Метан с кислородом | 0,1 | 34 |
| 13 | Метанол с воздухом | 0,1 | 52 |
| 14 | Пропан с кислородом | 0,1 | 55 |
| 15 | Пропилен с воздухом | 0,1 | 78 |
| 16 | Этан с кислородом | 0,1 | 54 |
| 17 | Этанол с воздухом | 0,1 | 71 |
| 18 | Этилен с кислородом | 0,1 | 65 |

**2.3. КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР**

**Условие задачи**

Определить диаметр огнегасяших каналов металлокерамического огнепреградителя установленного на линии транспортировки ацетилена в компрессорную станцию.

**Решение:**

1. Выписать справочные данные для расчета\*:

ацетилен:



воздух: 



1. Составить уравнение реакции горения ацетилена в воздухе:

СН+ 2,5 · (О+ 3,76N) = 2СО+ НО + 2,5 · 3,76 N

1. Определить мольные доли ацетилена и воздуха в горючей смеси. Общее количество молей горючей смеси составит:



\*Теплофизические параметры приняты при стандартных условиях (T=298 K, P=105Па). Значения λ, Ср, μ, S приведены в Приложении 2, 3, 4, 5. Учесть, что значения коэффициента теплопроводности и теплоемкости приведенные в Приложениях 2 и 3, не зависят от того, в каких единицах принята температура. Значения *u*н и *М*см приведены в справочнике [7].

Мольная доля ацетилена в горючей смеси составит:



Мольная доля воздуха в горючей смеси составит:



1. Определить теплоемкость горючей смеси по формуле (2.2):



1. Определить молярную массу горючей смеси по формуле (2.3):



1. Определить значение постоянной Сьюзерленда  для расчета коэффициентов  и :



1. Определить коэффициенты  и  для расчета теплопроводности горючей смеси по формулам (2.6) и (2.7):





1. Определить теплопроводность горючей смеси по формуле (2.5):



1. Определить значение критического диаметра гашения пламени по формуле (2.1):



С учетом коэффициента безопасности диаметр огнегасящих каналов следует принять:



## **ЗАДАЧА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Согласно СП 12.13130.2009 все помещения производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на:

* повышенной взрывопожароопасной опасности, относящиеся к категории А;
* взрывопожароопасные помещения, относящиеся к категории А и Б;
* пожароопасные помещения, относящиеся к категориям В1, В2, В3 и В4;
* помещения, относящиеся к категориям Г и Д.

При категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности учитывается:

1. Агрегатное состояние обращающихся веществ и материалов.
2. Взрывопожароопасные свойства горючих веществ и материалов (температура вспышки жидкостей; возможность веществ взрываться или гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом).
3. Количество взрывопожароопасных веществ, выраженное в избыточном давлении взрыва ΔР или величине удельной пожарной нагрузки g.
4. Особенность технологии (сжигание веществ, плавление и т.п.).

Исходя из выше указанных положений, категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности следует принимать в соответствие с таблицей 3.1. При этом необходимо последовательно проверять принадлежность помещения к указанным категориям, считая от высшей (А) до низшей (Д).

Определение категории каждого производственного или складского помещения рекомендуется производить в следующей последовательности:

Обосновать выбор расчетного варианта аварийной ситуации. В соответствии с требованиями СП 12.13130.2009 в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве будет участвовать наибольшее количество веществ и материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Собрать необходимые данные для расчета избыточного давления взрыва ΔР, а именно:

а) определить размеры помещения и его свободный объем. Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать равным 80% геометрического объема помещения;

Таблица 3.1Условия определения категории помещений в зависимости от агрегатного состояния веществ, их пожаровзрывоопасных свойств, избыточного давления взрыва и особенностей технологии

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Характеристика  веществ и материалов | Категории помещений и основные факторы их определяющие | | | | |
| А | Б | В1-В4 | Г | Д |
| 1 | Горючие газы | ΔР>5 кПа |  | ΔР≤5 кПа | Сжигаются или утилизируются в качестве топлива |  |
| 2 | Легковоспламе-няющиеся жид-кости с  tвсп ≤ 28 оС | ΔР>5 кПа |  | ΔР≤5 кПа |  |  |
| 3 | Легковоспламе-няющиеся жидкости с  tвсп > 28 оС |  | ΔР>5 кПа | ΔР≤5 кПа |  |  |
| 4 | Горючие жидкости |  | ΔР>5 кПа | ΔР≤5 кПа | Сжигаются или утилизируются в качестве топлива |  |
| ж | Трудногорючие  жидкости |  |  | + |  |  |
| 6 | Твердые горю-чие вещества и материалы |  |  | Не исполь-зуются как топливо | Сжигаются или утилизируются в качестве топлива |  |
| 7 | Твердые трудно-горючие веще-ства и  материалы |  |  | + |  |  |
| 8 | Горючие пыли и волокна |  | ΔР>5 кПа | ΔР≤5 кПа |  |  |
| 9 | Вещества, взаи-модействующие  с водой, кисло-родом воздуха и друг с другом |  | ΔР>5 кПа | Только горят |  |  |
| 10 | Негорючие вещества  и материалы |  |  |  | В горячем, раскаленном или расплавленном состоянии | В холод-ном состо-янии |

б) определить климатические условия в помещении и условия, способствующие накоплению горючих веществ (температура воздуха; кратность воздухообмена аварийной вентиляции; интенсивность пылеотложения на доступных и труднодоступных поверхностях, а также площадь последних и т.п.);

в) выписать или определить расчетом основные физико-химические показатели и показатели пожаровзрывоопасности обращающихся в технологическом блоке веществ (максимальное давление взрыва, стехиометрическую концентрацию, плотность, молекулярную массу, теплоту сгорания, давление насыщенных паров и др.);

г) определить основные характеристики технологического блока (объем аппарата, степень заполнения или массу пыли в аппарате, рабочую температуру, производительность насоса или компрессора, длину и диаметр отводящего и подводящего трубопровода, площадь свежеокрашенных поверхностей, продолжительность одного цикла пылевыделения и т.п.).

**Произвести расчет избыточного давления взрыва**. Для индивидуальных горючих веществ (газов и паров ЛВЖ и ГЖ), состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, избыточное давление взрыва ΔР определяется по формуле:

, (3.1)

где *Рmax* - максимальное давление взрыва, определяемое по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать Рmax равным 900 кПа;

*Ро* - начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101,3 кПа);

*m* - масса горючего газа или паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, кг;

*Z* - коэффициент участия горючего во взрыве (допускается принимать по таблице 5.2);

*Vсв* - свободный объем помещения, м3;

*ρг.п.* - плотность газа или пара при расчетной температуре tр, кг/м3, вычисляемая по формуле:

, (3.2)

где *М* - молярная масса газа или пара, кг/кмоль;

*Vо* - молярный объем, равный 22,4 м3/кмоль;

*tр* - расчетная температура, равная максимально возможной температуре воздуха в помещении, °С;

*Сст* - стехиометрическая концентрация горючего вещества в воздухе, % (объемных), вычисляемая по формуле

, (3.3)

где  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;

*nc*, *nн, nо, nх* - число атомов С, Н,О и галоидов в молекуле горючего;

*КН* - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принимать равным 3).

Для смесей горючих веществ и пылей расчет избыточного давления взрыва производится по формуле:

, (3.4)

где *m* - масса пыли или смеси горючих веществ, вышедших в помещение в результате аварии, кг;

*Qн* - теплота сгорания горючих веществ, определяемая по справочной литературе или расчетом, Дж/кг. Для веществ неизвестного строения, но известного состава (в том числе пылей и волокон), она может быть определена по формуле Д.И.Менделеева:

*Qн = 339,4С + 1257Н - 108,9(О+N - S) - 25,1(9H + W)*, (3.5)

где *С, Н, О, N, S и W* – соответственно содержание в веществе углерода, водорода, кислорода, азота, серы, и влаги, % (массовых).

Для смесей газов и паров низшая теплота сгорания может быть найдена как сумма произведений теплоты горения каждого горючего компонента на его объемную долю в смеси :

, (3.6)

где (*Q н*) i - низшая теплота горения i-го компонента горючей смеси, Дж/кг;

*ϕi* - содержание i-го горючего компонента в смеси, %;

*n* - число горючих компонентов в смеси.

Для нефтепродуктов низшая теплота сгорания может быть рассчитана по формуле Басса:

*НТ = 50460 - 8,545 ⋅ ρ* (3.7)

где *ρж* - плотность жидкости, кг/м3;

*Z* - коэффициент участия горючего вещества во взрыве. Для смесей горючих газов и паров жидкостей его можно определить по таблице 3.2. Для взвешенной пыли коэффициент Z рассчитывается по формуле:

***Z=0,5 ⋅ F*,**  (3.8)

где *F* – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэровзвесь становится взрывобезопасной, то есть не способной распространять пламя. При отсутствии данных допускается для пылей принимать Z = 0,5.

*ρ* в - плотность воздуха до взрыва при начальной температуре, кг/м3;

*Ср* - теплоемкость воздуха, Дж/(кг К). Допускается принимать *Ср* = 1010 Дж/(кг. К).

*То* - начальная температура воздуха, К.

**Таблица 3.2.** Значения коэффициента Z для различных видов горючего

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид горючего вещества** | **Значения Z** |
| Водород | 1 |
| Горючие газы (кроме водорода) | 0,5 |
| ЛВЖ и ГЖ, нагретые до температуры вспышки и выше | 0,3 |
| ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля | 0,3 |
| ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля | 0 |

Расчетное избыточное давление взрыва ΔР для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, необходимо также определять по выше указанной формуле (3.4). Однако при этом следует учитывать некоторые особенности. Величина *Qн* в формуле (3.4) принимается равной энергии, выделяющейся при взаимодействии веществ с учетом их сгорания до конечных соединений. Коэффициент участия горючих веществ во взрыве следует принимать равным Z=1. Если величину избыточного давления взрыва ΔР определить не представляется возможным, то допускается принимать ее превышающей 5 кПа.

Основная трудность при расчете избыточного давления взрыва по формулам (3.1) и (3.4) состоит в определении массы горючих газов, паров жидкостей и пылей которые могут выйти в помещение в случае аварии на одном из технологических блоков.

В соответствие с требованиями СП 12.13130.2009 ***количество газов, которые могут поступить в помещение и образовать газовоздушные смеси***, необходимо определять исходя из следующих предпосылок:

а) происходит расчётная авария одного аппарата, при которой имеет место самый неблагоприятный вариант, то есть в помещение поступает наибольшее количество газов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва;

б) всё содержимое аппарата поступает в помещение;

в) одновременно происходит утечка веществ из подводящих и отводящих трубопроводов в течении времени, необходимого для их отключения.

Расчётное время отключения трубопроводов принимается равным:

* времени срабатывания системы автоматики, задействованной для отключения трубопроводов, но только в том случае, если вероятность отказа системы не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование её элементов. Расчетное время отключения при этом принимают по паспортным данным установки;
* 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование её элементов;
* 300 с в случае ручного отключения задвижек.

Под «временем срабатывания» и «временем отключения» следует понимать промежуток времени от начала поступления горючего вещества из трубопровода до полного прекращения его поступления в помещение.

Количество жидкостей, которые при поступлении в помещение могут испаряться и образовывать паровоздушные смеси, необходимо определять исходя из следующих предпосылок:

а) происходит расчётная авария одного аппарата, при которой в помещение поступает наибольшее количество легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, наиболее опасных в отношении последствий взрыва;

б) всё содержимое аппарата поступает в помещение;

в) одновременно происходит утечка жидкости из подводящих и отводящих трубопроводов в течении времени, необходимого для их отключения. Расчетное время отключения принимается также, как и в случае с газами.

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь испарения при отсутствии справочных данных определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м2, а остальных жидкостей – на 1м2 пола помещения. При определении площади разлива необходимо учитывать наличие приямков, бортиков и подобных устройств, препятствующих растеканию жидкости.

д) происходит испарение жидкостей из ёмкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом (то есть из аппаратов с открытой поверхностью испарения);

е) происходит испарение со свежеокрашенных поверхностей;

ж) длительность испарения жидкости принимается равной времени её полного испарения, но не более 3600 сек.

*Количество пылей, которые могут поступать в помещение и образовывать пылевоздушные смеси*, необходимо определять исходя из следующих предпосылок:

а) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыделения из негерметичного производственного оборудования);

б) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находящейся в аппарате пыли.

Методика определения массы газов, паров и пылей, которые в смеси с воздухом могут образовывать взрывоопасные смеси, подробно расписана в СП 12.13130.2009.

Если в производственном помещении обращаются гибридные взрывоопасные смеси, содержащие горючие газы (пары) и пыли, то расчетное избыточное давление взрыва в таком помещении необходимо определять по формуле:

*ΔР = ΔР1 + ΔР2* , (3.9)

где *ΔР1* - избыточное давление взрыва для газа или пара, вычисленное по формуле (3.1) или (3.4), кПа;

*ΔР2*- избыточное давление взрыва, вычисленное для горючей пыли по формуле (3.4), кПа.

Зная величину расчётного избыточного давления взрыва, которое может возникнуть в производственном или складском помещении при возникновении аварийной ситуации, можно приступать к следующему этапу -**определить принадлежность помещения к взрывопожароопасным категориям.**

Принадлежность помещения к взрывопожароопасным категориям А и Б определяется по таблице 1 в зависимости от агрегатного состояния обращающихся горючих веществ, их взрывопожароопасных свойств, избыточного давления взрыва и особенностей технологии.

Если помещение не может быть отнесено к взрывопожароопасной категории, то необходимо проверить его принадлежность к пожароопасной категории.

**Определение пожароопасной категории помещения.** В соответствие с требованиями СП 12.13130.2009 все пожароопасные помещения могут относиться к категориям В1, В2, В3 и В4. Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 3.3.

Максимальное значение удельной временной пожарной нагрузки g определяется по формуле:

, (3.10)

где *Q* - пожарная нагрузка в пределах пожароопасного участка, МДж;

*S* - площадь размещения пожарной нагрузки, м2 (но не менее 10 м2).

Пожарная нагрузка *Q* в формуле (3.10) включает в себя различ­ные сочетания (смесь) горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов, находящихся в пределах пожароопасного участка. Она определяется по формуле:

, (3.11)

где Gi  - количество i-го материала пожарной нагрузки, кг;

НТ нi - низшая теплота сгорания i-го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Таблица 3.3. Условия определения пожароопасных категорий помещений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Катего-рии | Удельная пожарная нагрузка на участке, МДж/м2 | Примечание |
| В1 | не более 2200 | Способ размещения пожарной нагрузки не нормируется |
| В2 | 1401 - 2200 | 1. Способ размещения пожарной нагрузки не нормируется. 2. Необходимо проверить условие принадлежности к категории В1 (условие 3.12). |
| В3 | 181 - 1400 | 1. Способ размещения пожарной нагрузки не нормируется. 2. Необходимо проверить условие принадлежности к категории В2 (условие 3.12). |
| В4 | 1 - 180 | 1. Пожарная нагрузка должна размещаться на любом участке пола помещения площадью не более 10 м2. 2. Между участками должны быть соблюдены предельные расстояния, определяемые по формулам (11), (12), (13). |

Значения НТ в формуле (3.11) определяются из справочной литературы или по формулам (3.5), (3.6) и (3.7).

Вычислив значение максимальной удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков по формуле (3.11), его сравнивают со значениями, приведенными в таблице 3.3 и определяют категорию помещения.

Если расчет удельной пожарной нагрузки g показал, что помещение относится к категории В2 или В3, то для подтверждения принадлежности помещения к этим категориям необходимо проверить условие:

*Q ≥ 0,64 gт H2*, (3.12 )

где *gт* =1400, если 181<g<1400 и *gт* =2200, если 1400<g<2200;

*Н* - минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия или покрытия, м.

В том случае, если условие (3.12) соблюдается, то помещения следует относить к более высоким категориям, то есть к категориям В1 и В2 соответственно.

В пожароопасных помещениях категорий В1, В2, В3 и В4 допускается наличие нескольких участков с различной пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице 3.3. Но при этом в помещениях категории В4 между этими участками должны быть соблюдены противопожарные разрывы, в пределах которых исключается (или снижается) вероятность распространения пожара от одного участка к другому. Чтобы установить требуемые противопожарные разрывы необходимо знать предельно допустимое расстояние *l*пр между участками.

Для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов предельное расстояние определяется в зависимости от величины критической плотности *q*кр лучистых потоков. Чем меньше величина *q*кр, тем опаснее материал. Поэтому при определении предельного расстояния между участками, значение *q*кр принимается по материалу с минимальным значением *q*кр на одном из двух участков.

Для тех пожароопасных помещений, у которых минимальное расстояние Н от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия или покрытия превышает или равно 11 м, предельное расстояние *l*пр в зависимости от критической плотности *q*кр лучистого потока необходимо определять по таблице 3.4.

**Таблица 3.4.** Рекомендуемые значения предельных расстояний (lпр) в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков (qкр)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **qкр, кВт/м2** | **5** | **10** | **15** | **20** | **25** | **30** | **40** | **50** |
| **lпр , м** | **12** | **8** | **6** | **5** | **4** | **3,8** | **3,2** | **2,8** |

Если значение *Н* менее 11 м, то предельное расстояние между участками определяется по формуле:

*l´*пр *= l*пр *+ (11 - Н)*, (3.13)

В том случае, если пожарная нагрузка на участках представлена материалами для которых неизвестны величины *q*кр, значения предельных расстояний необходимо принимать *l*пр = 12 м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, предельное расстояние между участками не­обходимо определять по формулам:

*lпр = 15 м* при *Н ≥ 11 м*, (3.14 )

*lпр = 26 – Н* при *Н < 11 м* . (3.15 )

Противопожарные разрывы между участками в пожароопасных помещениях категории В4 должны быть более предельных расстояний *l*пр, определенных по таблице 3.4 или расчетным путем.

Если помещение не может быть отнесено ни к взрывопожароопасной, ни к пожароопасной категории, то тогда необходимо установить его принадлежность к категориям Г и Д.

**Определение принадлежности помещения к категориям Г и Д**. При определении принадлежности помещения к категориям Г и Д необходимо учитывать условия проведения технологических процессов, указанные в таблице 3.1.

**3.1. УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ №3**

**ЛВЖ и ГЖ**

**Вариант № 00.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 30 м, ширина 18 м, высота 3 м. В помещении применяется циклогексанон, находящийся в напорной емкости объемом 10 м3. Степень заполнения аппарата 0,8. В напорную емкость циклогексанон подается насосом производительностью 50 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 2,0 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с поверхностью испарения по 1,5 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 5 м, диаметром 100 мм, отводящий длиной 2 м, диаметром 90 мм. Коэффициент свободного объема помещения 84 %, температура в помещении 23°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 8-ми кратный воздухообмен.

**Вариант № 01.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 50 м, ширина 23 м, высота 7 м. В помещении применяется гексан, находящийся в напорной емкости объемом 2,5 м3. Степень заполнения аппарата 0,85. В напорную емкость гексан подается насосом производительностью 30 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 2 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 0,3 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 4 м, диаметром 35 мм, отводящий длиной 2 м, диаметром 35 мм. Коэффициент свободного объема помещения 85 %, температура в помещении 21°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 10-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 02.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 55 м, ширина 32 м, высота 6 м. В помещении применяется бутилацетат, находящийся в напорной емкости объемом 7 м3. Степень заполнения аппарата 0,8. В напорную емкость бутилацетат подается насосом производительностью 45 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1,5 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с поверхностью испарения по 0,8 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 8 м, диаметром 50 мм, отводящий длиной 6 м, диаметром 75 мм. Коэффициент свободного объема помещения 70 %, температура в помещении 22°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 8-ми кратный воздухообмен.

**Вариант № 03.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 45 м, ширина 25 м, высота 8 м. В помещении применяется ацетон, находящийся в напорной емкости объемом 3,5 м3. Степень заполнения аппарата 0,8. В напорную емкость ацетон подается насосом производительностью 90 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1,4 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться три окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 0,5 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 8 м, диаметром 70 мм, отводящий длиной 6 м, диаметром 100 мм. Коэффициент свободного объема помещения 70 %, температура в помещении 19°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 6-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 04.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 70 м, ширина 28 м, высота 9 м. В помещении применяется пентан, находящийся в напорной емкости объемом 3 м3. Степень заполнения аппарата 0,7. В напорную емкость пентан подается насосом производительностью 70 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 0,2 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 2 м, диаметром 30 мм, отводящий длиной 1 м, диаметром 30 мм. Коэффициент свободного объема помещения 80 %, температура в помещении 20°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 12-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 05.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 60 м, ширина 30 м, высота 5 м. В помещении применяется этиловый спирт, находящийся в напорной емкости объемом 18 м3. Степень заполнения аппарата 0,8. В напорную емкость спирт подается насосом производительностью 100 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 2,5 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с поверхностью испарения по 2 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 18 м, диаметром 150 мм, отводящий длиной 3 м, диаметром 100 мм. Коэффициент свободного объема помещения 60 %, температура в помещении 24°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 12-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 06.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 50 м, ширина 20 м, высота 6 м. В помещении применяется бензол, находящийся в напорной емкости объемом 3 м3. Степень заполнения аппарата 0,7. В напорную емкость бензол подается насосом производительностью 110 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1,5 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 2,1 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 7 м, диаметром 75 мм, отводящий длиной 5 м, диаметром 100 мм. Коэффициент свободного объема помещения 70 %, температура в помещении 22°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 8-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 07.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 50 м, ширина 23 м, высота 7 м. В помещении применяется ксилол, находящийся в напорной емкости объемом 1,5 м3. Степень заполнения аппарата 0,75. В напорную емкость ксилол подается насосом производительностью 30 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться три окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 0,1 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 3 м, диаметром 25 мм, отводящий длиной 2 м, диаметром 30 мм. Коэффициент свободного объема помещения 80 %, температура в помещении 20°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 10-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 08.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 40 м, ширина 25 м, высота 6 м. В помещении применяется циклогексанон, находящийся в напорной емкости объемом 9 м3. Степень заполнения аппарата 0,7. В напорную емкость циклогексанон подается насосом производительностью 80 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 2,3 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с поверхностью испарения по 1 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 10 м, диаметром 75 мм, отводящий длиной 4 м, диаметром 90 мм. Коэффициент свободного объема помещения 60 %, температура в помещении 24°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 6-ти кратный воздухообмен.

**Вариант № 09.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 45 м, ширина 18 м, высота 7 м. В помещении применяется этилацетат, находящийся в напорной емкости объемом 2 м3. Степень заполнения аппарата 0,85. В напорную емкость этилацетат подается насосом производительностью 75 м3/ч. Из напорной емкости растворитель подается самотеком в окрасочную ванну с площадью зеркала 1,8 м2 (окраска окунанием). Одновременно в помещении могут находиться два окрашенных изделия с окрашенной поверхностью по 0,7 м2 каждый. Подводящий трубопровод длиной 5 м, диаметром 55 мм, отводящий длиной 4 м, диаметром 90 мм. Коэффициент свободного объема помещения 80 %, температура в помещении 24°С. Отключение поврежденного участка вручную. Аварийная вентиляция обеспечивает 10-ти кратный воздухообмен.

**ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ**

**Вариант № 10.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 25 м, ширина 12 м, высота 5 м. В помещении находится газгольдер постоянного объема с газом бутаном. Объем газгольдера 5 м3, газ находится под давлением 4 атм. И температура его 30°С. Газ в газгольдер подается компрессором с производительностью 120 м3/час. Компрессор соединен с газгольдером трубопроводом, длина которого 10 м и диаметр 100 мм. Из газгольдера газ поступает в смеситель по трубопроводу, длина которого 5 м, диаметр 70 мм. Производство автоматизированное, вероятность отказа автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено аварийное резервирование ее элементов. Температура воздуха в помещении 21°С. Аварийная вентиляция обеспечивает обмен 10 час-1.

**Вариант № 11.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 45 м, ширина 10 м, высота 4 м. В помещении находится газгольдер постоянного объема с газом водородом. Объем газгольдера 3 м3, газ находится под давлением 2 атм. и при температуре 20°С. Газ в газгольдер подается компрессором с производительностью 199 м3/час. Компрессор соединен с газгольдером трубопроводом, длина которого 5 м и диаметр 50 мм. Производство автоматизированное, вероятность отказа автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено аварийное резервирование ее элементов. Температура воздуха в помещении 21°С. Аварийная вентиляция обеспечивает обмен 10 час-1.

**Вариант № 12.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 40 м, ширина 20 м, высота 9 м. В помещении находится газгольдер постоянного объема с газом метаном. Объем газгольдера 7 м3, газ находится под давлением 16 атм. и при температуре 18°С. Газ в газгольдер подается компрессором с производительностью 420 м3/час. Компрессор соединен с газгольдером трубопроводом, длина которого 50 м и диаметр 400 мм. Из газгольдера газ поступает в смеситель по трубопроводу, длина которого 20 м, диаметр 450 мм. Производство автоматизированное, вероятность отказа автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено аварийное резервирование ее элементов. Температура воздуха в помещении 19°С. Аварийная вентиляция обеспечивает обмен 15 час-1.

**Вариант № 13.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 45 м, ширина 15 м, высота 6 м. В помещении находится газгольдер постоянного объема с газом этаном. Объем газгольдера 5 м3, газ находится под давлением 12 атм. и при температуре 20°С. Газ в газгольдер подается компрессором с производительностью 200 м3/час. Компрессор соединен с газгольдером трубопроводом, длина которого 30 м и диаметр 200 мм. Из газгольдера газ поступает в смеситель по трубопроводу, длина которого 15 м, диаметр 400 мм. Производство автоматизированное, вероятность отказа автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено аварийное резервирование ее элементов. Температура воздуха в помещении 20°С. Аварийная вентиляция обеспечивает обмен 10 час-1.

**Вариант № 14.**

Рассчитать категорию помещения, если размеры его: длина 35 м, ширина 12 м, высота 6 м. В помещении находится газгольдер постоянного объема с газом сероводородом. Объем газгольдера 2 м3, газ находится под давлением 1,5 атм. и при температуре 20°С. Газ в газгольдер подается компрессором с производительностью 100 м3/час. Компрессор соединен с газгольдером трубопроводом, длина которого 5 м и диаметр 50 мм. Производство автоматизированное, вероятность отказа автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено аварийное резервирование ее элементов. Температура воздуха в помещении 20°С. Аварийная вентиляция обеспечивает обмен 8 час-1.

**ГОРЮЧИЕ ПЫЛИ**

**Вариант № 15.**

Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием горючей пыли табака, дисперсностью 250 мкм. Теплота сгорания пыли табака 14727 кДж/кг. Помещение: длина 24 м, ширина 14 м, высота 6 м. Температура воздуха в помещении 25 0С. Масса пыли в аппарате составляет 15 кг, пыль подается в аппарат с производительностью 0,18 кг/с, время отключения задвижек 300 с. Интенсивность пылеотложения на доступных поверхностях 2,5 ⋅ 10-6 кг/с⋅м2, площадь доступных поверхностей при уборке пыли составляет 320 м2. Площадь труднодоступных поверхностей составляет 32 м2, интенсивность пылеотложения на труднодоступных поверхностях составляет 1,15 ⋅ 10-6  кг/с⋅ м2. Продолжительность одного цикла пылевыделения (смены) - 6 часов. Количество циклов работы между текущими уборками - 4, а между генеральными уборками - 21. Уборка влажная.

**Вариант № 16.**

Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием горючей пыли древесного угля, дисперсностью 300 мкм. Теплота сгорания пыли древесного угля 33890 кДж/кг. Помещение: длина 36 м, ширина 14 м, высота 8 м. Температура воздуха в помещении 22 0С. Масса пыли в аппарате составляет 11 кг, пыль подается в аппарат с производительностью 0,09 кг/с, время отключения задвижек 120 с. Интенсивность пылеотложения на доступных поверхностях 1,6 ⋅ 10-6 кг/с⋅м2, площадь доступных поверхностей при уборке пыли составляет 120 м2. Площадь труднодоступных поверхностей составляет 25 м2, интенсивность пылеотложения на труднодоступных поверхностях составляет 0,5 ⋅ 10-6  кг/с⋅ м2. Продолжительность одного цикла пылевыделения (смены) - 8 часов. Количество циклов работы между текущими уборками - 6, а между генеральными уборками - 18. Уборка механизированная.

**Вариант № 17.**

Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием горючей пыли пшеничной муки, дисперсностью 280 мкм. Теплота сгорания пыли муки составляет 16807 кДж/кг. Помещение: длина 34 м, ширина 17 м, высота 8 м. Температура воздуха в помещении 22 0С. Масса пыли в аппарате составляет 12 кг, пыль подается в аппарат с производительностью 0,16 кг/с, время отключения задвижек 3 с. Интенсивность пылеотложения на доступных поверхностях 2,3 ⋅ 10-6 кг/с⋅м2, площадь доступных поверхностей при уборке пыли составляет 180 м2. Площадь труднодоступных поверхностей составляет 28 м2, интенсивность пылеотложения на труднодоступных поверхностях составляет 1,13 ⋅ 10-6  кг/с⋅ м2. Продолжительность одного цикла пылевыделения (смены) - 6 часов. Количество циклов работы между текущими уборками - 5, а между генеральными уборками - 15. Уборка влажная.

**Вариант № 18.**

Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием горючей пыли магния, дисперсностью 320 мкм. Теплота сгорания пыли магния составляет 25104 кДж/кг. Помещение: длина 40 м, ширина 15 м, высота 6 м. Температура воздуха в помещении 17 0С. Масса пыли в аппарате составляет 10 кг, пыль подается в аппарат с производительностью 0,10 кг/с, время отключения задвижек 120 с. Интенсивность пылеотложения на доступных поверхностях 1,7 ⋅ 10-6 кг/с⋅м2, площадь доступных поверхностей при уборке пыли составляет 120 м2. Площадь труднодоступных поверхностей составляет 19 м2, интенсивность пылеотложения на труднодоступных поверхностях составляет 0,7 ⋅ 10-6  кг/с⋅ м2. Продолжительность одного цикла пылевыделения (смены) - 8 часов. Количество циклов работы между текущими уборками - 3, а между генеральными уборками - 10. Уборка влажная.

## **ЗАДАЧА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ НАРУЖНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Под наружной технологической установкой понимается комплекс аппаратов и технологического оборудования с несущими и ограждающими конструкциями, которые единым блоком располагаются вне зданий. По пожарной опасности все наружные технологические установки классифицируются согласно СП 12.13130.2009 на пять категорий: **АН, БН, ВН, ГН** и **ДН**. Категории пожарной опасности наружных технологических установок определяются, исходя из вида находящихся в установках горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также особенностей технологических процессов.

**Детерминированный метод** классификации наружных установок по пожарной опасности основан на количественной оценке потенциально возможного выделения энергии при аварийной разгерметизации технологического оборудования.

При категорировании наружных установок с использованием детерминированного метода вводятся следующие критерии:

* **горизонтальный размер зоны**, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (обозначается ***Rнкпр***, м).
* **интенсивность теплового излучения *q*,** кВт/м2.

В зависимости от этих критериев категории наружных установок при использовании детерминированного метода необходимо принимать в соответствие с требованиями п. 7.3 СП 12.13130.

Для категорий АН и БН:

- горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) по ГОСТ 12.1.044 [4], превышает 30 м (данный критерий применяется только для горючих газов и паров) и (или) расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.

Для категории ВН:

- интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и (или) материалов, указанных для категории ВН, на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт ⋅ м–2.

Горизонтальные размеры зон, ограничивающих газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР, и интенсивность теплового излучения от очага пожара определяются в соответствии с приложением В СП 12.13130.

При этом необходимо последовательно проверять принадлежность наружной установки к указанным категориям, считая от высшей (**АН**) до низшей (**ДН**).

**Определение категорий наружных установок по детерминированному методу рекомендуется производить в следующей последовательности:**

**1. Обосновать выбор расчетного варианта аварийной ситуации.** В соответствие с требованиями СП 12.13130 в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро- или пылевоздушных смесей будет участвовать наибольшее количество веществ и материалов, наиболее опасных в отношении последствий сгорания указанных смесей.

**2.Определить основные характеристики технологического блока** (объем аппарата, степень заполнения или массу пыли в аппарате, рабочую температуру, производительность насоса или компрессора, длину и диаметр отводящего и подводящего трубопровода, площадь свежеокрашенных поверхностей и т.п.).

**3.Произвести расчет массы газов, паров или пылей, которые могут поступить в окружающее пространство при расчетной аварии.**

**4.Произвести расчет горизонтальных размеров зон, ограничивающих газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР**. В случае аварийного поступления ***горючих газов*** в открытое пространство, горизонтальные размеры зон, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР, определяют по формуле:

 , (4.1)

где ***m*г** - масса поступивших в открытое пространство горючих газов при аварийной ситуации, кг;

***ρг*** - плотность газа при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м3;

***Cнкпр*** − нижний концентрационный предел распространения пламени горючих газов, % (об.).

***Для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей*** гори­зонтальные размеры зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих НКПР, определяют по формуле:

 , (4.2)

где ***К*** - коэффициент, принимаемый равным ***К*** = ***Т***/3600   
(***Т*** - продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с);

***Рн*** - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

***Cнкпр*** - нижний концентрационный предел распространения пламени паров ЛВЖ, %(об.);

***mп*** - масса паров ЛВЖ в кг, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с;

***ρп*** - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м3.

В формулах (4.1) и (4.2) плотность газов и паров ЛВЖ необхо­димо определять по следующей формуле:

 , (4.3)

где ***М*** - молярная масса газа или пара, кг/кмоль;

***Vо*** - молярный объем, равный 22,4 м3/кмоль;

***tр*** - расчетная температура, оС. В качестве расчетной температуры необходимо принимать максимально возможную температуру воздуха в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного ее повышения при аварийной ситуации. Если по каким-либо причинам ***tр*** определить не удается, то допускается принимать ее равной 61оС.

За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п. Во всех случаях значение ***Rнкпр*** должно быть не менее 0,3 м.

**5. Произвести расчет избыточного давления, которое может возникнуть на расстоянии 30 м от установки при сгорании горючих смесей**.

Величину избыточного давления ΔР, развиваемого при сгорании газо-, паро- и пылевоздушных смесей, необходимо определять по следующей формуле:

 , (4.4)

где ***Ро*** - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

***mпр*** - приведенная масса газа, пара или горючей пыли, кг;

***r*** - расстояние от геометрического центра газо-, паро- или пылевоздушного облака до отметки 30 м, у которой определяется избыточное давление. Величина r определяется с учетом направления господствующих ветров. Для пылевоздушных смесей допускается отсчитывать величину r от геометрического центра технологической установки.

В формуле (4.4) приведенная масса газа, пара или пыли определяется из следующего соотношения:

 , (4.5)

где ***Qсг*** - удельная теплота сгорания газа, пара или пыли, Дж/кг;

***m*** - масса горючих газов, паров или пылей, поступивших в окружающее пространство в результате аварии, кг;

***Qо*** - константа, равная для газов и паров 4,52 ⋅106,   
для пылей 4,6 ⋅106, Дж/кг;

***Z*** - коэффициент участия горючих веществ в горении, который допускается принимать равным 0,1. Для пылей в отдельных обоснованных случаях величина ***Z*** может быть снижена, но не менее чем до 0,02.

***Количество жидкостей, которые при поступлении в окружающее пространство могут испаряться и образовывать паровоздушные смеси***, необходимо определять исходя из следующих предпосылок:

а) происходит расчётная авария одного аппарата, при которой из технологической установки выходит наибольшее количество легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, наиболее опасных в отношении последствий взрыва;

б) всё содержимое аппарата поступает в помещение;

в) одновременно происходит утечка жидкости из подводящих и отводящих трубопроводов в течении времени, необходимого для их отключения. Расчетное время отключения принимается так же, как и в случае с газами.

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь испарения при отсутствии справочных данных определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,1 м2, а остальных жидкостей – на 0,15 м2. При определении площади разлива необходимо учитывать наличие приямков, бортиков и подобных устройств, препятствующих растеканию жидкости.

д) происходит испарение жидкостей из ёмкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом (то есть из аппаратов с открытой поверхностью испарения);

е) происходит испарение со свежеокрашенных поверхностей;

ж) длительность испарения жидкости принимается равной времени её полного испарения, но не более 3600 сек.

Масса паров жидкости m , кг, поступивших в окружающее пространство при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т.п.), определяется из выражения

*m*=*m*р+*m*емк+*m*св.окр+*m*пер, (4.6)

где ***mр*** - масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

***mемк***- масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

***mсв.окр*** - масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг;

***mпер***- масса жидкости, испарившейся в окружающее пространство в случае ее перегрева, кг.

При этом каждое из слагаемых (***mр***, ***mемк***, ***mсв.окp***) в формуле (4.6) определяют из выражения

*m*=*W*⋅*F*и ⋅*Т*, (4.7)

где ***W*** - интенсивность испарения, кг⋅с-1⋅м-2;

***Fи***- площадь испарения, м2;

***Т*** - продолжительность поступления паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в окружающее пространство, с.

Интенсивность испарения ***W*** определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать ***W*** по формуле

, (4.8)

где ***М*** -молярная масса, г⋅моль-1;

***Рн*** - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа.

**6. Определить принадлежность наружной установки к категории АН или БН**. Принадлежность наружной установки к категории **АН** или **БН** определяется в зависимости от агрегатного состояния обращающихся горючих веществ, их пожароопасных свойств, величин ***Rнкпр*** и ***ΔР***, а также особенностей технологии по таблице 2 СП 12.13130.

Если установка не может быть отнесена к указанным категориям, то необходимо проверить её принадлежность к категории **ВН**. Для этого следует произвести дополнительные расчёты (см. п.7).

**7. Определить величину интенсивности теплового излучения на расстоянии 30 м от установки**.

Интенсивность теплового излучения необходимо рассчитывать для двух случаев пожара (или для того из них, который может быть реализован в данной технологической установке):

I. Пожар проливов ЛВЖ, ГЖ или горение твердых горючих материалов (включая горение пыли).

II. "Огненный шар" - крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара.

Если возможна реализация обоих случаев, то при оценке значений критерия пожарной опасности учитывается наибольшая из двух величин интенсивности теплового излучения.

Рассмотрим некоторые особенности расчета интенсивности теплового излучения для I и II случаев.

I. Расчет интенсивности теплового излучения при горении твердых горючих материалов, а также пролитых ЛВЖ и ГЖ

Интенсивность теплового излучения q, кВт/м2, при горении твердых горючих материалов и пролитых жидкостей необходимо определять по следующей формуле:

***q = E*f**⋅ ***F*q**⋅ ***τ*** , (4.9)

где ***Ef***  - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м2;

***Fq*** - угловой коэффициент облученности;

***τ*** - коэффициент пропускания атмосферы.

Значение ***Ef*** принимается на основе имеющихся эксперименталь­ных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив значения ***Ef*** в зависимости от эффективного диаметра очага d (или диаметра пролива) приведены в табл. 4.1. При этом эффективный диаметр очага определяется по следующей формуле:

 , (4.10)

где ***F*** - площадь пролива, м2.

Таблица 4.1.-Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени для некоторых жидких углеводородов в зависимости от диаметра очага

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Топливо | Еf , кВт/м2 | | | | |
| d = 10 м | d = 20 м | d = 30 м | d = 40 м | d = 50 м |
| Сжиженный природный газ (метан) | 220 | 180 | 150 | 130 | 120 |
| Сжиженный углеводород-ный газ пропан-бутан | 80 | 63 | 50 | 43 | 40 |
| Бензин | 60 | 47 | 35 | 28 | 25 |
| Дизельное топливо | 40 | 32 | 25 | 21 | 18 |
| Нефть | 25 | 19 | 15 | 12 | 10 |
| Примечание. Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать величину ***Ef*** такой же, как для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно. | | | | | |

Если среднеповерхностную плотность теплового излучения пламени определить не представляется возможным, то допускается принимать величину ***Ef*** равной:

* для сжиженных углеводородных газов 100 кВт/м2;
* для нефтепродуктов и твердых материалов 40 кВт/м2.

Угловой коэффициент облученности ***Fq*** в формуле (4.9) определяется из следующего выражения:

 , (4.11)

где ***FV*** и ***FH*** - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно.

Для определения величин ***Fv*** и ***Fн*** необходимо знать высоту пламени и некоторые другие вспомогательные параметры. Высоту пламени при горении твердых горючих материалов и пролитых жидкостей определяют по формуле:

 , (4.12)

где ***d*** - эффективный диаметр очага, м;

***Um*** - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м2 с). Для некоторых жидких углеводородных топлив величина ***Um*** приведена в табл. 4.2;

***ρв*** - плотность окружающего воздуха, кг/м3;

***g*** - ускорение свободного падения ( ***g*** = 9,81 м/с2).

Таблица 4.2. **Удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид топлива | Сжиженный природный газ (метан) | Сжиженный углеводо- родный газ пропан-бутан | Бензин | Дизель-ное топливо | Нефть |
| Значение массовой  скорости выгорания  Um, кг/(м2 с) | 0,08 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 0,04 |

Вспомогательные параметры определяют из следующих выражений:

 , (4.13)

 , (4.14)

 , (4.15)

 , (4.16)

где ***r*** - расстояние от геометрического центра пролива или размещения твердых горючих материалов до облучаемого объекта (то есть до отметки 30 м), считая от установки, м.

Зная величины ***h***, ***S***, ***A*** и ***B*** факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок определяют по формулам:

, (4.17)

 , (4.18)

Коэффициент пропускания атмосферы ***τ*** в формуле (4.9) определяется из следующего выражения:

 , (4.19)

**8. Определить принадлежность наружной установки к категории ВН** Принадлежность наружной установки к категории ***ВН*** определяется по табл. 2 в зависимости от агрегатного состояния обращающихся горючих веществ, их пожароопасных свойств, а также интенсивности теплового излучения ***q***. Если установка не может быть отнесена к категории ***ВН***, то тогда необходимо установить её принадлежность к категориям ***ГН*** и ***ДН***.

**9. Определить принадлежность наружной технологической установки к категориям ГН и ДН**. При определении принадлежности наружной установки к категориям ***ГН*** и ***ДН*** необходимо учитывать условия проведения технологических процессов, указанные в табл. 2 СП 12.13130.

**УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ №4**

Определить категорию резервуара, установленного в обваловании на открытой технологической площадке. Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Исходные данные для расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ВАРИАНТ | Вещество | Молярная масса кг/кмоль | Плотность жидкости, кг/м3 | Константы уравнения Антуана | | | НКПР, % об | Температура воздуха, С | Объем аппарата, м3 | Площадь обвалования, м2 |
| А | В | С |
| 00 | акролеин | 56 | 841 | 6,1907 | 1156,947 | 230,6 | 2,8 | 10 | 5 | 5 |
| 01 | ацетон | 58 | 790,8 | 6,37551 | 1281,721 | 237,088 | 2,7 | 15 | 2 | 5 |
| 02 | бензол | 78 | 873 | 5,6139 | 902,275 | 178,099 | 1,43 | 34 | 1 | 4 |
| 03 | бутаналь | 72 | 817 | 7,08393 | 1768,4 | 273 | 1,8 | 10 | 0,2 | 2 |
| 04 | бутанон-2 | 72 | 305 | 6,14946 | 1292,791 | 232,34 | 1,9 | 20 | 0,4 | 5 |
| 05 | ацетальдегид (этаналь) | 44 | 783 | 6,31653 | 1093,537 | 233,413 | 4,1 | 10 | 0,5 | 3 |
| 06 | бутилметилкетон | 100 | 830 | 6,63178 | 1613,925 | 221,678 | 1,27 | 40 | 1 | 3 |
| 07 | диизопропиловый эфир | 102 | 723 | 6,222 | 1257,6 | 230 | 1,3 | 27 | 0,35 | 5 |
| 08 | пентаналь | 86 | 809 | 6,45545 | 1460,272 | 255,175 | 1,57 | 15 | 0,5 | 6 |
| 09 | гексан | 86 | 654 | 5,99517 | 1166,274 | 223,661 | 1,24 | 10 | 1 | 10 |
| 10 | октан | 116 | 702 | 6,09396 | 1379,556 | 211,89 | 0,9 | 38 | 2 | 20 |
| 11 | о-ксилол | 106 | 875 | 6,28893 | 1575,114 | 223,579 | 1 | 10 | 50 | 100 |
| 12 | толуол | 92 | 866 | 6,0507 | 1328,171 | 217,713 | 1,27 | 10 | 3 | 50 |
| 13 | метилацетат | 74 | 933 | 6,19017 | 1157,63 | 219,726 | 3,15 | 32 | 0,25 | 5 |
| 14 | 1,1-диметилциклогексан | 112 | 776 | 5,92718 | 1323,861 | 218,053 | 0,9 | 15 | 1 | 50 |
| 15 | дибутиловый эфир | 130 | 764 | 6,44033 | 1648,4 | 230 | 0,9 | 34 | 5 | 15 |
| 16 | нонан | 128 | 717 | 6,17776 | 1510,695 | 211,502 | 0,78 | 40 | 10 | 50 |
| 17 | стирол | 104 | 901 | 7,06542 | 2123,057 | 272,988 | 1,1 | 15 | 20 | 80 |
| 18 | хлорбензол | 112 | 1105 | 6,38605 | 1607,316 | 235,351 | 1,4 | 10 | 10 | 50 |

## **ЗАДАЧА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ВЫСОТЫ ОБВАЛОВАНИЯ ГРУППЫ РЕЗЕРВУАРОВ**

Резервуарный парк - группа (группы) резервуаров, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов и размещенных на территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах и дорогами или противопожарными проездами - при подземных (заглубленных в грунт или обсыпанных грунтом) резервуарах, установленных в котлованах или выемках

По периметру каждой группы наземных резервуаров необходимо предусматривать замкнутое земляное обвалование шириной поверху не менее 0,5 м или ограждающую стену из негорючих материалов, рассчитанные на гидростатическое давление разлившейся жидкости.

Свободный от застройки объем обвалованной территории, образуемый между внутренними откосами обвалования или ограждающими стенами, следует определять по расчетному объему разлившейся жидкости, равному номинальному объему наибольшего резервуара в группе или отдельно стоящего резервуара.

Высота обвалования или ограждающей стены каждой группы резервуаров должна быть на 0,2 м выше уровня расчетного объема разлившейся жидкости, но не менее 1 м для резервуаров номинальным объемом до 10000 м3 и 1,5 м для резервуаров объемом 10000 м3 и более.

Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования или до ограждающих стен следует принимать не менее 3 м от резервуаров объемом до 10000 м3 и 6 м - от резервуаров объемом 10000 м3 и более.

Группа из резервуаров объемом 400 м3 и менее общей вместимостью до 4000 м3, расположенная отдельно от общей группы резервуаров (за пределами ее внешнего обвалования), должна быть ограждена сплошным земляным валом или стеной высотой 0,8 м при вертикальных резервуарах и 0,5 м при горизонтальных резервуарах. Расстояние от стенок этих резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования не нормируется.

Обвалование подземных резервуаров следует предусматривать только при хранении в этих резервуарах нефти и мазутов. Объем, образуемый между внутренними откосами обвалования, следует определять из условия удержания разлившейся жидкости в количестве, равном 10% объема наибольшего подземного резервуара в группе.

Обвалование группы подземных резервуаров для хранения нефти и мазутов допускается не предусматривать, если объем, образуемый между откосами земляного полотна автомобильных дорог вокруг группы этих резервуаров, удовлетворяет указанному условию.

В пределах одной группы наземных резервуаров внутренними земляными валами или ограждающими стенами следует отделять:

* каждый резервуар объемом 20000 м3 и более или несколько меньших резервуаров суммарной вместимостью 20000 м3;
* резервуары с маслами и мазутами от резервуаров с другими нефтепродуктами;
* резервуары для хранения этилированных бензинов от других резервуаров группы.

Высоту внутреннего земляного вала или стены следует принимать:

* 1,3 м - для резервуаров объемом 10000 м3 и более;
* 0,8 м - для остальных резервуаров.

Резервуары в группе следует располагать:

номинальным объемом менее 1000 м3 - не более чем в четыре ряда;

объемом от 1000 до 10000 м3 - не более чем в три ряда;

объемом 10000 м3 и более - не более чем в два ряда.

В каждую группу наземных вертикальных резервуаров, располагаемых в два ряда и более, допускается предусматривать заезды внутрь обвалования для передвижной пожарной техники, если с внутренних дорог и проездов склада не обеспечивается подача огнетушащих средств в резервуары. При этом планировочная отметка проезжей части заезда должна быть на 0,2 м выше уровня расчетного объема разлившейся жидкости.

**5.1 КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР.**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130.

**Условие задачи:**

В группе размещены:

1) два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей крышей емкостью 3000 м3, в которых хранится керосин КО-20;

2) два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном емкостью 5000 м3, в которых хранится осветительный керосин марки А.

Резервуары размещены в два ряда. В одном ряду расположены резервуары с плавающей крышей, в другом — с понтоном. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние между резервуарами соответствует нормативным противопожарным разрывам. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 5 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разного диаметра, это расстояние взято от стенки наибольшего резервуара. Высота обвалования составляет 2 м.



**Решение.**

1) по условию задачи зарисовать схему расположения резервуаров и нанести основные значения. Диаметр резервуаров в зависимости от их вместимости можно определяется по документации на резервуар. Для резервуара объемом 3000 м3 диаметр равен 19 м, для резервуара объемом 5000 м3 – 21 м.

2) определить нормативные расстояния между резервуарами по п. 7.2 таблица 6 СП 155.13130. Расстояния между резервуарами определяются от стенки до стенки. Необходимо также учитывать допустимую общую номинальную вместимость.

Нормативное расстояние между резервуарами с плавающей крышей составляет:

L = 0,5\*Д = 0,5\*19 = 9,5 м.

Нормативное расстояние между резервуарами с понтоном составляет:

L = 0,65\*Д = 0,65\*21 = 13,65 м.

Поскольку резервуары расположены соосно, то необходимо определиться, какое расстояние будем брать за основу. При выборе расстояния необходимо исходить из того положения, что для каждого ряда резервуаров должны быть соблюдены противопожарные разрывы. В данном случае за основу необходимо брать расстояние между резервуарами с понтоном L = 13,65 м. При этом расстояние между резервуарами с плавающей крышей будет соответствовать нормативным требованиям и даже превышать требуемые противопожарные разрывы.

Но могут быть ситуации, когда, например, емкость резервуаров с понтоном меньше, чем резервуаров с плавающей крышей. Соответственно, и диаметр меньше. Поэтому, несмотря на то, что коэффициент для определения противопожарных разрывов между резервуарами с понтоном (он равен 0,65) больше, чем для резервуаров с плавающей крышей (0,5), исходя из величины диаметра резервуаров в качестве определяющего расстояния может оказаться расстояние между резервуарами с плавающей крышей. Аналогичная ситуация может возникнуть и для резервуаров со стационарной крышей.

Нормативное расстояние между рядом резервуаров с понтонами и рядом резервуаров с плавающей крышей необходимо определять в соответствии с п. 7.2 СП 155.13130 (по наибольшему значению):

L = 13,65 м.

3) определить стороны обвалования:

а = 2\*5 + 2\*21 + 13,65 = 65,65 м,

b = 2\*5 + 21 + 19 + 13,65 = 63,65 м.

4) определить площадь в пределах обвалования:

Sобв = a\*b= 65,65\*63,65 = 4 178,62 м2.

5) определить на какой объем жидкости должно быть рассчитано обвалование в соответствии с ГОСТ Р 53324-2009. Свободный от застройки объем обвалованной территории, образуемый между внутренними откосами обвалования следует определять по расчетному объему разлившейся жидкости, равному номинальному объему наибольшего резервуара в группе. В данном случае V = 5000 м3.

6) определить площадь, занимаемую не разрушенными резервуарами:

Sp = (π/4)\*(2\*Д12 + Д22) = (3,14/4)\*(2\*192 + 212) = 912,96 м2.

7) определить свободную площадь обвалования:

Sсв = Sобв - Sp = 4 178,62 - 912,96 = 3 265,66 м2

8) определить расчетную высоту обвалования:

hр = Vр/ Sсв = 5000/3265,66 = 1,53 м,

9) определить нормативную высоту обвалования. В соответствии с п. 4.2 ГОСТ Р 53324-2009 делаем поправку на высоту обвалования:

hн = 1,53 + 0,2 = 1,73 м.

Если бы расчетная высота была менее 1 м, то для резервуаров с номинальным объемом до 10 000 м3 следовало бы принимать нормативную высоту обвалования 1м, а для резервуаров номинальным объемом 10 000 и более — 1,5 м.

**5.2. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

**Вариант 00**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. четыре наземных стальных вертикальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится Ромашкинская нефть;

2. четыре наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном емкостью 2000 м3, в которых хранится Таныпская нефть.

Резервуары размещены в два ряда. По краям каждого ряда расположе­ны резервуары со стационарной крышей. Все резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямо­угольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних отко­сов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где расположены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от стенки наибольших резервуаров.

**Вариант 01**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 3000 м3, в которых хранится керосин К0-20;

2. два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном емкостью 5000 м3, в которых хранится осветительный керосин марки А.

Резервуары размещены в два ряда. В одном ряду расположены резер­вуары с плавающей крышей, в другом — с понтоном. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 5 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разного диаметра, это расстояние взято от стенки наибольше­го резервуара.

**Вариант 02**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном ем­костью 50000 м3, в которых хранится Лебяженская нефть;

2. два наземных вертикальных стальных резервуара с понтоном емкостью 30000 м3, в которых хранится Бурунская нефть.

Резервуары размещены в один ряд соосно друг другу. По краям расположены резервуары емкостью 50000 м3. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок наибольших резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 12 м.

**Вариант 03**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 5000 м3, в которых хранится масло И-5А;

2. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится масло II-28;

3. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 2000 м3, в которых хранится масло НМТ-6.

Резервуары размещены в три ряда. В первом ряду расположены резервуары емкостью 5000 м3, во втором — 1000 м3, в третьем — 2000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы ре­зервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок крайних ре­зервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 15 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего резервуара

**Вариант 04**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. шесть наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится масло ЛД;

2. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 2000 м3, в которых хранится масло МК-22П;

Резервуары размещены в три ряда. В первых двух рядах расположены резервуары емкостью 1000 м3, в третьем — 2000 м3. Резервуары разме­щены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок крайних резервуаров до по­дошвы внутренних откосов обвалования равно 12 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разного диаметра, это расстояние взято от наибольшего резервуара.

**Вариант 05.**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. три наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 2000 м3, в которых хранится керосин КО-20;

2. три наземных вертикальных стальных резервуара с понтоном емкостью 3000 м3, в которых хранится керосин К0-25.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 2000 м3, во втором — 3000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, то расстояние взято от наибольшего резервуара

**Вариант 06**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 700 м3, в которых хранится керосин КО-25;

2. три наземных вертикальных стальных резервуара со стационарной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится тракторный керосин;

3. три наземных вертикальных стальных резервуара с понтоном ем­костью 2000 м3, в которых хранится керосин АВТМ.

Резервуары размещены в три ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 700 м3, во втором 1000 м3, в третьем — 2000м3. Резервуары размещены соосно друг, другу. Обвалование такой группы ре­зервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние-от стенок крайних ре­зервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 5 м. Причем для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это рас­стояние взято от наибольшего резервуара.

**Вариант 07**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. четыре наземных стальных вертикальных резервуара со стационарной крышей емкостью 700 м3, в которых хранится масло ХФ-22С1;

2. четыре наземных вертикальных стальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится масло "Эссотерм - 500"

3. четыре наземных вертикальных стальных резервуара со стацио­нарной крышей емкостью 3000 м3, в которых хранится масло 36-IK. Резервуары размещены в три ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 700 м3, во втором — 1000 м3, в третьем — 3000 м3.

Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего резервуара.

**Вариант 08**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. пять наземных стальных вертикальных резервуаров со стационарной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится бензиналкилат;

2. пять наземных стальных вертикальных резервуаров с плавающей крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится бензин экстракционный.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары со стационарной крышей, во втором — с плавающей крышей. Резер­вуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуа­ров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего резервуара.

**Вариант 09**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. три наземных стальных вертикальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 100 м, в которых хранится масло перфораторное ЛЗ-ПМ-1;

2. три наземных вертикальных стальных резервуара со стационарной крышей емкостью 300 м3, в которых хранится масло "Мобильтерм-594";

3. три наземных вертикальных стальных; резервуара со стационарной крышей емкостью 200 м3, в которых хранится масло нефтяное ПН-6.

Резервуары размещены в три ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 100 м3, во втором — 300 м3, в третьем — 200 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы ре­зервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние, от стенок резервуа­ров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего резервуара.

**Вариант 10**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. четыре наземных стальных вертикальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится Ромашкинскгй нефть;

2. четыре наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном емкостью 2000 м3, в которых хранится Таныпская нефть.

Резервуары размещены в два ряда. По краям каждого ряда расположе­ны резервуары со стационарной крышей. Все резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямо­угольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних отко­сов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где расположены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от стенки наибольших резервуаров

**Вариант 11**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном ем­костью 30000 м3, в которых хранится сульфинированный керосин;

2. два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей крышей емкостью 5000 м3, в которых хранится осветительный керосин марки А.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары с понтоном, во втором - с плавающей крышей. Резервуары размеще­ны соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 6 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего ре­зервуара.

**Вариант 12**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. четыре наземных стальных вертикальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится топочный мазут марки 40;

2. четыре наземных вертикальных стальных резервуара со стацио­нарной крышей емкостью 700 м3, в которых хранится флотский мазут Ф-12.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 1000 м3, во втором — 700 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму пря­моугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 4 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего ре­зервуара.

**Вариант 13**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 3000 м3, в которых хранится керосин К0-20;

2. два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном емкостью 5000 м3, в которых хранится осветительный керосин марки А.

Резервуары размещены в два ряда. В одном ряду расположены резер­вуары с плавающей крышей, в другом — с понтоном. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 5 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разного диаметра, это расстояние взято от стенки наибольше­го резервуара.

**Вариант 14**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 50000 м3, в которых хранится авиационный бензин 91/115;

2. два наземных вертикальных стальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 30000 м3, в которых хранится авиационный бензин 95/130.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 50000 м3, во втором — 30000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 7 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего ре­зервуара.

**Вариант 15**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. четыре наземных стальных вертикальных резервуара со стацио­нарной крышей емкостью 700 м3, в которых хранится масло ХФ-22С1;

2. четыре наземных вертикальных стальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 1000 м3, в которых хранится масло "Эссотерм - 500";

3. четыре наземных вертикальных стальных резервуара со стацио­нарной крышей емкостью 3000 м3, в которых хранится масло 36-IK.

Резервуары размещены в три ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 700 м3, во втором — 1000 м3, в третьем — 3000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы ре­зервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок резервуа­ров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего резервуара

**Вариант 16**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. три наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 2000 м3, в которых хранится керосин К0-20;

2. три наземных вертикальных стальных резервуара с понтоном емкостью 3000 м3, в которых хранится керосин К0-25.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 2000 м3, во втором — 3000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму пря­моугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего ре­зервуара.

**Вариант 17**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с плавающей кры­шей емкостью 5000 м3, в которых хранится керосин КО-22;

2. два наземных вертикальных стальных резервуара со стационар­ной крышей емкостью 3000 м3, в которых хранится тракторный керосин.

Резервуары размещены в два ряда. В первом ряду расположены резер­вуары емкостью 5000 м3, во втором — 3000 м3. Резервуары размещены соосно друг другу. Обвалование такой группы резервуаров имеет форму пря­моугольника. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 3 м. При этом для той стороны, где размещены резервуары разных диаметров, это расстояние взято от наибольшего ре­зервуара.

**Вариант 18**

Определить необходимую высоту обвалования группы резервуаров в соответствии с требованиями СП 155.13130

В группе размещены:

1. два наземных стальных вертикальных резервуара с понтоном ем­костью 50000 м3, в которых хранится Лебяженская нефть;

2. два наземных вертикальных стальных резервуара с понтоном ем­костью 30000 м3, в которых хранится Бурунская нефть.

Резервуары размещены в один ряд соосно друг другу. По краям рас­положены резервуары емкостью 50000 м3. Обвалование такой группы ре­зервуаров имеет форму прямоугольника. Расстояние от стенок наибольших резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования равно 12 м.

## **Список литературы**

1. ГОСТ Р 12.3.047 – 12. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
2. ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности.
3. ГОСТ Р 53323-2009. Огнепреградители и искрогасители. Общие требования. Методы испытаний
4. СП 12.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
5. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности
6. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов. Руководство. М.: ВНИИПО, 2002 - 77 с., Руководство согласовано ГУГПС МЧС России, исх. №30/4/1808 от 25.06.2002 г., и утверждено ФГУ ВНИИПО МЧС России 30.08.2002 г.
7. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 года № 404.Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.
8. Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Симонова М.А. Пожарная безопасность технологических процессов. Категорирование помещений, зданий и наружных технологических установок по взрывопожарной и пожарной опасности: Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. - 112 с.
9. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в двух частях. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.  , Пожнаука, 2004 . – 713 и 744 стр.
10. Пособие по применению СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" М., ВНИИПО, 2014

## **Приложение 1.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Структурное подразделение (факультет)

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

по дисциплине пожарная безопасность технологических процессов

направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

квалификация \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Работу выполнил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, имя отчество обучающегося полностью)

Номер зачетной книжки\_\_\_\_\_\_\_\_форма обучения\_\_\_\_\_\_\_\_

Курс\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ № группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Адрес электронной почты\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(должность, звание, ФИО, подпись) .

Дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

20\_\_\_

## **Приложение 2**

**Коэффициенты теплопроводности некоторых газов и паров при давлении 1 атмосфера и различных температурах**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ или пар | Коэффициент теплопроводности λ.103 (Вт/(м.К)) при температуре, оС | | | | | Постоянные уравнения температурной зависимости коэффициента теплопроводности | | |
|  | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | А | В | С |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Аммиак  Ацетилен  Ацетон  Бензол  Бутан  Водород  Воздух  Гексан  Изобутан  Кислород  Метан  Метанол  Пропан  Пропилен  Этан  Этанол  Этилен | 24,7  21,5  11,47  11,10  15,4  186  26,0  17,51  15,9  26,82  33,9  16,25  17,8  17,3  21,2  15,78  20,6 | 35,2  30,8  17,1  17,0  24,6  223  31,4  20,53  25,0  32,54  46,68  22,1  27,8  27,0  32,7  21,5  31,2 | 52,5  43,75  27,85  27,26  39,8  259  38,6  32,39  40,2  40,14  64,9  34,52  43,84  43,1  50,2  34,36  47,94 | 73,7  57,8  39,18  38,03  58,6  295  45,89  46,08  58,7  47,53  84,78  47,76  63,01  62,4  70,34  47,42  67,4 | 98,4  72,64  51,68  .....  60,4  334  53,17  61,12  80,51  54,63  106  .....  85,4  85,4  92,9  .....  90,4 | 21,7  18,9  ....  ....  12,8  ....  24,2  ....  14,5  ....  29,8  ....  14,9  14,6  17,7  ....  17,5 | 0,117  0,114  ......  ......  0,102  ......  0,0724  ......  0,101  ......  0,162  ......  0,113  0,106  0,138  ......  0,123 | 188.10-6  50.10-6  ........  ........  169.10-6  ........  ........  ........  167.10-6  ........  716.10-7  ........  157.10-6  18.10-5  125.10-6  ........  148.10-6 |

## **Приложение 3**

**Теплоемкость некоторых газов и паров при давлении 1 атмосфера и различных температурах**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ или пар | Теплоемкость (кДж/(кг.К)) при температуре, оС | | | | |
|  | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Аммиак  Ацетилен  Ацетон  Бензол  Бутан  Водород  Воздух  Гексан  Изобутан  Кислород  Метан  Метанол  Пропан  Пропилен  Этан  Этанол  Этилен | 2,196  1,687  1,297  1,046  1,677  14,311  1,005  1,660  1,666  0,917  2,227  1,542  1,667  1,518  1,751  1,543  1,553 | 2,308  1,849  1,531  1,335  2,041  14,325  1,009  2,037  2,024  0,923  2,480  1,737  2,024  1,808  2,082  1,811  1,834 | 2,457  2,022  1,786  1,665  2,451  14,419  1,026  2,438  2,450  0,935  2,839  1,996  2,454  2,162  2,497  2,073  2,173 | 2,607  2,167  2,019  1,944  2,813  14,549  1,047  2,789  2,823  0,950  3,186  2,239  2,831  2,474  2,873  2,292  2,471 | 2,756  2,288  2,230  2,178  3,130  14,688  1,068  3,095  3,147  0,965  3,519  2,467  3,163  2,749  3,210  2,468  2,732 |

## **Приложение 4**

**Динамическая вязкость некоторых газов и паров при давлении 1 атмосфера и различных температурах.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ или пар | Вязкость μ.105 (Н.с/м2) при температуре, оС | | | | | | | |
|  | 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| Аммиак  Ацетилен  Ацетон  Бензол  Бутан  Водород  Воздух  Гексан  Изобутан  Кислород  Метан  Метанол  Пропан  Пропилен  Этан  Этанол  Этилен | 100  102  71,4  75  73,9  88  182  63,5  74  202  109  93,3  80  84  91  85,6  101 | 111  111  79,5  83  82  94  196  70,3  82  218  118  104,3  90  93  100  94,5  110 | 128  125  93  95  95  103  218  81,6  95  244  133  121,7  103  107  114  109  126 | 146  132  108  107  .....  113  239  93  .....  267  147  139  113  121  128  123  140 | 165  .....  121  119  .....  121  259  104  .....  290  160  156  125  134  141  137  154 | 181  .....  134  131  .....  130  278  115  .....  310  173  173  136  146  153  151  167 | .....  .....  147  .....  .....  138  296  125  .....  330  183  188  .....  .....  .....  165  ..... | .....  .....  .....  .....  .....  154  330  .....  .....  369  .....  .....  .....  .....  .....  .....  ..... |

## **Приложение 5**

**Значения постоянной Сюзерленда S для некоторых газов и паров**

|  |  |
| --- | --- |
| Газ или пар | Значения постоянной Сюзерленда S, К |
| Аммиак  Ацетилен  Ацетон  Бензол  Бутан  Водород  Воздух  Гексан  Изобутан  Кислород  Метан  Метанол  Пропан  Пропилен  Этан  Этанол  Этилен | 503  198,2  541,5  380  377,4  73 (при 20 -100 оС)  86 (при 100-200 оС)  105 (при 200-250 оС)  108  436,1  335,5  125  162  486,9  278  362  252  407,3  225 |