**МЧС России**

**Санкт-Петербургский университет**

**Государственной противопожарной службы**

**Кафедра физико-химических основ процессов горения и тушения**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

Тема: «Исследование пожароопасных свойств метилового спирта»

**Выполнил:**

**Проверил:**

заместитель начальника кафедры

капитан внутренней службы

Мельник Антон Анатольевич

.

Дата сдачи на проверку: «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_200\_\_г.

Дата защиты: «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Оценка\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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

(подпись научного руководителя)

Санкт-Петербург 2007

**МЧС России**

**Санкт-Петербургский университет**

**Государственной противопожарной службы**

**Кафедра физико-химических основ процессов горения и тушения**

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ |
| Научный руководитель  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (ученая степень, ученое звание, специальное звание)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) (инициалы, фамилия)  «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_200\_\_г. |

**ПЛАН-ГРАФИК**

**выполнения курсовой работы**

Тема\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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

Курсант (слушатель, студент) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О., факультет, курс, № группы)

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разделы, подразделы  и их содержание | Срок  выполнения | Отметка научного руководителя о выполнении |
| 1 часть | 10.02.2007г. |  |
| 2 часть | 01.03.2007г. |  |
| 3 часть | 20.03.2007г. |  |
| 4,5 часть | 10.04.2007г. |  |
| Сдача на проверку | 30.04.2007г. |  |

Подпись курсанта (слушателя, студента) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ:**

[**1. Общие сведения. 4**](#_Toc164103739)

[**2. Определение характеристик горения. 7**](#_Toc164103740)

[**2.1. Характер свечения пламени. 7**](#_Toc164103741)

[**2.2. Теоретический и практический расход воздуха на горение. 8**](#_Toc164103742)

[**2.3. Объём и состав продуктов полного сгорания. 11**](#_Toc164103743)

[**2.4. Низшая теплота горения. 14**](#_Toc164103744)

[**2.5 Стехиометрическая концентрация паров в смеси. 15**](#_Toc164103745)

[**2.6 Температура горения адиабатическая. 16**](#_Toc164103746)

[**3. Определение показателей пожарной опасности. 20**](#_Toc164103747)

[**3.1. Температура вспышки. 20**](#_Toc164103748)

[**3.2. Температура воспламенения. 21**](#_Toc164103749)

[**3.3 Температура самовоспламенения. 22**](#_Toc164103750)

[**3.4. Концентрационные пределы распространения пламени. 24**](#_Toc164103751)

[**3.5. Температурные пределы распространения пламени. 25**](#_Toc164103752)

[**3.6. Нормальная скорость распространения пламени паровоздушной смеси (максимальная нормальная скорость горения). 27**](#_Toc164103753)

[**3.7. Критический диаметр огнегасящего канала и безопасного экспериментального максимального зазора. 29**](#_Toc164103754)

[**3.8. Минимальная энергия зажигания. 30**](#_Toc164103755)

[**3.9. Способность гореть и взрываться при взаимодействии с водой, кислородом и другими веществами. 32**](#_Toc164103756)

[**3.10. Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора. 32**](#_Toc164103757)

[**3.11. МВСК Минимальное взрывоопасное содержание кислорода. 34**](#_Toc164103758)

[**3.12. Максимальное давление взрыва. 35**](#_Toc164103759)

**3.13 Вывод…………………………………………………………………………………...36**

[**4. Расчет аварийной ситуации. 36**](#_Toc164103760)

[**4.1. Интенсивность испарения при заданных условиях. 36**](#_Toc164103761)

[**4.2. Время образования минимальной взрывоопасной концентрации паров в помещении. 37**](#_Toc164103762)

[**4.3. Избыточное давление взрыва газопаровоздушной смеси при выбранной аварийной ситуации. 37**](#_Toc164103763)

[**4.4. Размер взрывоопасной зоны. 40**](#_Toc164103764)

[**4.5. Определение класса зоны по ПУЭ. 43**](#_Toc164103765)

[**4.6. Определение тротилового эквивалента взрыва паровоздушной смеси. 46**](#_Toc164103766)

[**4.7. Определение радиусов зон разрушения. 47**](#_Toc164103767)

[**4.8 Исследование возможности снижения пожарной опасности помещения 48**](#_Toc164103768)

[**4.8.1. Ограничение объема хранения 48**](#_Toc164103769)

[**4.8.2. Ограничением площади разлива жидкости 50**](#_Toc164103770)

[**4.8.3. Устройством аварийной вытяжной вентиляции в помещении 51**](#_Toc164103771)

**4.9 Вывод**…………………………………………………………………………………….**52**

[**5. Выбор и обоснование огнетушащих средств 53**](#_Toc164103772)

[**Рекомендуемый список литературы 54**](#_Toc164103773)

**Сводная таблица …………………………………………………………………………….55**

1. **Общие сведения.**

Метиловый спирт ICSC: 0113

метанол

древесный спирт

CAS № 78-83-1 CH4O

RTECS № NP9625000 Молекулярная масса: 32.04

ООН № 1212

ЕС № 603-004-00-6

ВИДЫ ОПАСНОСТИ / ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСТРАЯ ОПАСНОСТЬ / СИМПТОМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ / ЛИКВИДАЦИЯ ПОЖАРА

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ Огнеопасно.

НЕ ДОПУСКАТЬ открытого огня, искр и курения.

Средства тушения преимущественно порошки ПСБ и ПФA, с пеной ПО-1, порошком, форэтон, пеной, спиртоустойчивой пеной, порошком, двуокисью углерода,

**ВЗРЫВООПАСНОСТЬ**

**При температуре выше 28°C могут образоваться взрывоопасныe смеси пар/воздух.**

**При температуре выше 28°C применять закрытую систему, вентиляцию, защищенное от взрыва электрооборудование.**

**В случае пожара: сохранять бочки и пр. охлажденными, обливая их водой.**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ**

**Сильный, преим. нервный и сосудистый яд с резко выраженным кумулятивным действием; отравление наступает при приеме внутрь (смертельная доза для человека 30 г, а 5-10 г могут вызвать тяжелое отравление), вдыхании паров и проникновении через кожу. ПДК 5мг/м³**

Обратиться за медицинской помощью.

**ЛИКВИДАЦИЯ УТЕЧЕК . УПАКОВКА И МАРКИРОВКА.**

Собрать подтекающую жидкость в герметичные контейнеры. Засыпать оставшуюся жидкость песком или инертным абсорбентом, собрать и удалить его в безопасное место.

Символ: Xn

R: 10-20

S: (2-)16

Примечание: C

Классификация ООН

Класс опасности ООН: 3

Группа упаковки ООН: III

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ХРАНЕНИЕ

Карта Транспортной Безопасности: TEC (R)-583 Код NFPA: H1; F3; R0;

Защищенным от огня. Отдельно от сильных окислителей,

**МЕТАНОЛ**  ICSC: 0113

ВАЖНЫЕ ДАННЫЕ

ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ВНЕШНИЙ ВИД:

БЕСЦВЕТНАЯ ЖИДКОСТЬ С ХАРАКТЕРНЫМ ЗАПАХОМ.

Пар тяжелее воздуха и может стелиться по земле; возможно возгорание на расстоянии. Пар хорошо смешивается с воздухом, легко образует взрывчатые смеси.

**ХИМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ**:

Реагирует с сильными окислителями, такими как триоксид хрома с опасностью пожара.

**НОРМАТИВЫ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**:

TLV (предельная пороговая концентрация, США): 50 ppm; 152 мг/м^3 (как TWA - среднесменная концентрация, США) (ACGIH 1994-1995). MAС (максимальная допустимая концентрация, США): 100 ppm; 300 мг/м^3; (1994)

**ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ**:

Вещество может всасываться в организм при вдыхании паров, через кожу и через рот.

**РИСК ПРИ ВДЫХАНИИ**:

Опасное загрязнение воздуха будет достигаться довольно медленно при испарении этого вещества при 20°C.

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**:

Температура кипения: 64.9°C

Температура плавления: -93.9°C

Относительная плотность (вода = 1): 0.786

Давление паров, кПа при 20°C: 0.13

Теплота образования: - 201.3 кДж/моль

Относительная плотность пара (воздух = 1): 1.1

Температура вспышки: 6°C c.c.

Температура самовоспламенения: 470°C

**2. Определение характеристик горения.**

**2.1. Характер свечения пламени.**

**метилового спирта –СН4О.**

Характер свечения пламени при горении веществ зависит от процентного содержания элементов в веществе, главным образом, углерода, водорода, кислорода и азота.

Свечение пламени связано с наличием несгоревших раскаленных твердых частиц углерода С, а также трехатомных молекул.

Если в горючем веществе при термическом разложении углерод не образуется, то вещество горит бесцветным пламенем как, например, в случае горения водорода Н2.

При термическом разложении веществ с массовой долей углерода менее 50 % и содержащих в своем составе кислород (более 30 %) несгоревших частиц углерода образуется очень мало, и в момент образования они успевают окислиться до СО.

СН3ОН  СО + 2Н2

Такие вещества имеют голубоватые пламена (пламя угарного газа СО, метанола СН3ОН и этанола С2Н5ОН).

При горении веществ, содержащих более 75 % углерода (ацетилен С2Н2, бензол С6Н6), в зоне горения образуется настолько много частиц С, что поступающего путем диффузии воздуха не хватает для полного окисления всего углерода.

С6Н6  6С + 3Н2

Не окислившийся в пламени углерод выделяется в виде копоти, и пламя при горении таких веществ будет ярким и коптящим.

Если кислород в веществе отсутствует или его содержание не превышает 30 %, но, в свою очередь, и массовая доля углерода не очень велика (менее 75 %), то при термическом разложении будет выделяться значительное количество частиц углерода, но при нормальном доступе воздуха в зону горения они успевают окислиться до СО2.

Возможная реакция при термическом разложении ацетона :

СН3СОСН3  СО + 2С + 3Н2.

В подобных случаях пламя будет яркое, но не коптящее.

1. Массовые доли углерода и кислорода в молекуле изобутилового спирта составляют:

ω (С) = = 37.5%; ω (Н) = = 12.5%; ω (О) = = 50%;

Массовая доля углерода < 75 %, а массовая доля кислорода > 30 %, следовательно, при горении метилового спирта пламя будет бесцветное или голубоватое.

**2.2. Теоретический и практический расход воздуха на горение.**

Расчет объема воздуха, необходимого для горения, предполагает вычисление:

а) теоретического объема воздуха Vвтеор и б) практического объема воздуха Vвпр, затраченного на горение (с учетом коэффициента избытка воздуха).

**Стехиометрическое количество воздуха** в уравнении реакции горения предполагает, что при данном соотношении компонентов, участвующих в реакции горения, воздух расходуется полностью. Объем воздуха в данном случае называется **теоретическим (Vвтеор*)*.**

Горение может происходить не только при стехиометрическом соотношении компонентов, но и при значительном отклонении от него. Как правило, в условиях пожара на сгорание вещества воздуха затрачивается больше, чем определяется теоретическим расчетом. Избыточный воздух ΔVв в реакции горения не расходуется и удаляется из зоны реакции вместе с продуктами горения. Таким образом, практический объем воздуха равен:

*Vвпр = Vвтеор + ΔVв*

и, следовательно, **избыток воздуха** будет равен:

*ΔVв= Vвпр - Vвтеор*

Обычно в расчетах избыток воздуха при горении учитывается с помощью **коэффициента избытка воздуха** (**α**). Коэффициент избытка воздуха показывает, во сколько раз в зону горения поступило воздуха больше, чем это теоретически необходимо для полного сгорания вещества:



Для горючих смесей стехиометрического состава (т.е. состава, соответствующего уравнению реакции горения) коэффициент избытка воздуха α = 1, при этом реальный расход воздуха равен теоретическому. В этом случае обеспечивается оптимальный режим горения.

При α > 1 горючую смесь называют *бедной по горючему компоненту*, а при α < 1 – *богатой по горючему компоненту*.

Избыток воздуха имеется только в смеси, бедной по горючему компоненту. Из формул (3.2) и (3.3) следует

*ΔVв= Vвтеор(α −1)*

В закрытом объеме диффузионное горение большинства горючих материалов возможно только до определенной пороговой концентрации кислорода, так называемой ***остаточной концентрации кислорода в продуктах горения ϕ (О2)ПГ.*** Для большинства органических веществ она составляет 12 – 16 % О2. Для некоторых веществ, например, ацетилена С2Н2, ряда металлов, горение возможно и при значительно меньшем содержании кислорода (до 5 % объемных О2).

Зная содержание кислорода в продуктах горения, можно определить коэффициент избытка воздуха (коэффициент участия воздуха в горении) на реальном пожаре:



Расчет выполняется двумя способами: по уравнению химической реакции и по элементному составу вещества:

1. **способ**

Записываем уравнение реакции горения изобутилового спирта:

СН4О + 1.5 (О2 + 3,76·N2) → СО2 + 2Н2О + 1.5·3,76·N2

По условию масса изобутилового спирта равна 1 кг., условия нормальные, тогда:

m=1кг. Vв. теор.-Х

С4Н10О + 6 (О2 + 3,76·N2) → 4СО2 + 5Н2О + 6·3,76·N2

М=32кг/кмоль 1.5·4,76·Vm

Vвтеор = 5 м3.

==3,2

φ(О2)ПГ=14,4 %

Vвпр = Vвтеор ⋅ α =5\*3.2 = 16 м3.

*ΔVв= Vвтеор(α −1)=*5·(3,2-1)=11 м3.

1. **способ**

Процентный элемент состава изобутилового спирта:

ω (С) = 37.5%; ω (Н) = 12,5%; ω (О) = 50%;

Найдем объем воздуха на горение по формуле для изобутилового спирта с известным процентным составом, тогда:

Vвтеор = 

= 5м3.

Vвпр = Vвтеор ⋅ α =5·3,2 = 16м3.

*ΔVв= Vвтеор(α −1)=*5·(3,2-1)=11м3.

**Ответ**: практический объем воздуха равен 16 м3, а теоретический

объем воздуха равен 5 м3 при коэффициенте избытка воздуха

равном 3,2.

**2.3. Объём и состав продуктов полного сгорания.**

Состав продуктов горения зависит от химической природы горючего материала и условий его горения. Практически всегда органические вещества горят с образованием продуктов полного и неполного горения.

К ***продуктам полного сгорания*** относятся: углекислый газ, образующийся при горении углерода, разложении карбонатов; водяной пар, образующийся при горении водорода и испарении влаги в исходном веществе; оксид серы (IV) SO2 и азот – продукты горения соединений, содержащих серу и азот.

***Продукты неполного сгорания*** – это оксид углерода (II) – угарный газ СО, сажа С, продукты термоокислительного разложения – смолы.

Неорганические вещества сгорают, как правило, до соответствующих оксидов.

Выход продуктов горения количественно установить невозможно из-за чрезвычайной сложности их состава, поэтому материальный баланс процесса горения рассчитывается из предположения, что вещество сгорает полностью до конечных продуктов. При этом в состав продуктов горения включают также азот воздуха, израсходованного на горение, и избыток воздуха при α > 1.

Как и в случае расчета объема воздуха, необходимого для горения, свои особенности имеет расчет продуктов горения для индивидуальных веществ, смеси газов и веществ с известным элементным составом.

m=1кг. Х1 Х2 Х3

СН4О + 1.5 (О2 + 3,76·N2) → СО2 + 2Н2О + 1.5·3,76·N2

М=74,12кг/кмоль Vm 2·Vm 1.5·3.76·Vm

*VПГ*= 6 м3.

Избыток воздуха определим по формуле (3.4):

*ΔVв= Vвтеор(α −1)=*8,63·(3,5-1)=21,6м3.

С учетом избытка воздуха практический объем продуктов горения составит:

VПГ\* = VПГ + ΔVв = 6 + 11 = 17 м3.

По уравнению реакции определяем объем СО2, Н2О и N2.

V(СО2) = *х2* =  = 0.7 м3

V(Н2О) = *х3* =  = 1,4 м3

V(N2) = *х4* =  =3.95 м3

ΔVв=11м3 (рассчитано).

Объемная концентрация каждого компонента смеси рассчитывается следующим образом:

ϕоб (СО2) =  = = 4.1 %

ϕоб (Н2О) =  = = 8.2 %

ϕоб (N2) =  = =23.2 %

ϕоб (О2) =  = =50.8 %

ϕоб (ΔVв) =  = = 64.7%

Проверка:

∑φоб. = 100 % ± 1 %. 4.1+8.2+23.2+64.7 = 100 %,

**Ответ**: теоретический объем продуктов горения составил 6 м3,а практический объем продуктов горения- 17 м3. В процентном составе СО2- 4.1 %, Н2О- 8.2%, N2- 23.2%, ΔVв – 64.7%

**2.4. Низшая теплота горения.**

**Энтальпией горения** (ΔНгор, кДж/моль) вещества называется тепловой эффект реакции окисления 1 моль горючего вещества с образованием высших оксидов.

**Теплота горения** (Qгор) численно равна энтальпии горения, но противоположна по знаку.

В пожарно-технических расчетах часто пользуются понятием удельной теплоты горения. **Удельная теплота горения** – это количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема горючего вещества. Размерность удельной теплоты горения – кДж/кг или кДж/м3.

В зависимости от агрегатного состояния воды в продуктах горения различают низшую и высшую теплоту горения. Если вода находится в парообразном состоянии, то теплоту горения называют **низшей теплотой горения Qн**. Если пары воды конденсируются в жидкость, то теплота горения – **высшая Qв**.

Температура пламени достигает 100 К и выше, а вода кипит при 373 К, поэтому в продуктах горения на пожаре вода всегда находится в парообразном состоянии, и для расчетов в пожарном деле используется низшая теплота горения Qн.

Низшая теплота горения индивидуальных веществ может быть определена переводом значения ΔНгор, кДж/моль в Qн, кДж/кг или кДж/м3. Для веществ сложного элементного состава низшая теплота горения может быть определена по формуле Д.И. Менделеева.

*QН = 339,4⋅ω(C) + 1257⋅ω(H) − 108,9 [(ω(O) +ω(N)) −ω(S)] − 25,1[9⋅ω(H) +ω(W)],* кДж/кг,

где

*ω (С), ω (Н), ω (S), ω (О),ω (N)* – – массовые доли элементов в веществе, %; *ω (W)* – содержание влаги в веществе, %.

Для нашего вещества:

ω (С) = 37.5%; ω (Н) = 12,5%; ω (О) = 50%; тогда:

QН = 339,4⋅37.5 + 1257⋅12,5− 108,9⋅50−25,1[9⋅12,5+ 0] =

= 23025 кДж/кг.

Ответ: низшая теплота горения СН4О равна 23025 кДж/кг

**2.5 Стехиометрическая концентрация паров в смеси.**

Стехиометрическая концентрация паров в смеси рассчитывается по следующим формулам:

Объемная концентрация:

%.

Массовая канцентрация:

кг/м3.

Подставим наши данные:

%.

кг/м3=180 г/м3.

**Ответ:** стехиометрическая концентрация в паровоздушной смеси

метилового спирта равна 12.3% (объемная) и 0,18 кг/м3 (массовая)- это является опасной концентрацией

**2.6 Температура горения адиабатическая.**

***Алгоритм расчета температуры горения***

1. Рассчитать суммарный объем продуктов горения и отдельно объем каждого компонента продуктов горения.

*VПГпр = V(CO2) + V(H2O) + V(N2) + V(SO2) + ΔVвозд*

Расчет объема продуктов горения выполняется в зависимости от характера горючего вещества (индивидуальное вещество, смесь газов или вещество сложного элементного состава).

Для индивидуальных веществ можно также определять количество продуктов горения в молях (коэффициенты в уравнении реакции горения).

2. Рассчитать низшую теплоту сгорания вещества.

Для индивидуальных веществ расчет выполняется по I следствию закона Гесса (при наличии табличных значений энтальпий образования).

По формуле Д.И. Менделеева расчет *Qн* может быть выполнен как для веществ с известным элементным составом, так и для индивидуальных веществ.

3. Если по условию задачи есть теплопотери (*η*), то рассчитывается количество тепла, пошедшего на нагрев продуктов горения *QПГ*

*QПГ = Qн (1* – *η)*, кДж/кг или кДж/м3

4. Находим среднее теплосодержание продуктов горения *Qср*

при отсутствии теплопотерь (*η*)

*Qср = *, кДж/м3

при наличии теплопотерь

*Qср = *, кДж/м3

5. По значению *Qср* с помощью таблиц приложений 3 и 4 (“Теплосодержание газов при постоянном давлении”), ориентируясь на азот , приближенно определяем температуру горения Т1.

При подборе температуры горения ориентируются на азот, т.к. в большей степени продукты горения состоят именно из азота. Однако, поскольку теплосодержание углекислого газа и паров воды выше, чем у азота, то их присутствие в продуктах горения несколько понижает температуру горения, поэтому ее нужно принимать несколько ниже (на 100-2000С), чем по азоту.

6. Рассчитываем теплосодержание продуктов горения при выбранной температуре Т1:



где

*Q1(CO2), Q1(H2O), Q1(N2), Q1(SO2), Q1(возд)* – табличные значения теплосодержания газов

при выбранной температуре Т1.

7. Сравниваем *Q1ПГ* с *Qн* или *QПГ*, рассчитанных по п.2 или п.3.

Если *Q1ПГ* < *Qн (QПГ),* то выбираем температуруТ2 > Т1 на 1000С;

если *Q1ПГ* > *Qн (QПГ),* то выбираем температуруТ2 < Т1 на 1000С .

8. Повторяем расчет теплосодержания продуктов горения при новой температуре Т2:



9. Расчет проводим до получения неравенства:

*Q1ПГ* < *Qн (QПГ) < Q2ПГ* , где

*Q1ПГ* и *Q2ПГ* – теплосодержание продуктов горения при температурах Т1 и Т2,

отличающихся на 1000С.

10. Интерполяцией определяем температуру горения ТГ:

*ТГ = Т1* + 

Если потери тепла не учитывались, то получаем адиабатическую температуру горения, а если учитывались, то − действительную температуру горения вещества.

Для метилового спирта:

СН4О + 1.5 (О2 + 3,76·N2) → СО2 + 2Н2О + 6·3,76·N2

1. nвозд=1.5·4,76=7.14 моль

2. Δ nвозд=7.14·(1-1)=0 моль

3. VПГпр =6+ 0=6 м3/кг.

теплопотерь нет

4. *Qср = * = ** = 3838 Дж/моль

5. Т1 принимаем равную 25000 С.

6. Q1пг = 6209,6·0,7 + 5136,5·1,4+ 3797,4·3,95 = =26537,53Дж.

7. Q1ПГ  < QПГ, выбираем температуру Т2 >Т1 на 1000С;

Т2 = 24000 С.

8. Q2пг = 5933·0,7 + 4890,9·1.4 + 3633,1·3,95 =

=25350 кДж.

9. Q3пг = 5660,7·0,7 + 4667,1·1.4 + 3469,3·3,95 =

=24200 кДж.

10. Q4пг = 5392,5·0,7 + 4405,8 ·1.4 + 3306,3·3,95 =

=23020 кДж.

11. Q4ПГ  < QПГ < Q3ПГ

10. ТГ=Т1+  = 2000 + + = 2202К.

**Ответ:** температура горения метилового спирта равна =2202К.

**3. Определение показателей пожарной опасности.**

**3.1. Температура вспышки.**

Температура вспышки - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Вспышка - быстрое сгорание газо- , паровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, сопровождающееся кратковременным видимым свечением.

Значение температуры вспышки следует применять для характеристики пожарной опасности жидкости, включая эти данные в стандарты и технические условия на вещества; при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

1-й способ.

tвсп = tкип  - 18

К – коэффициент горючести.

*К = 4 n(C) + 4 n(S) + n(H) + n(N) – 2 n(O) – 2 n(Cl) – 3 n(F) – 5 n(Br)*,

где:

*n(C), n(S), n(H), n(N), n(O), 2 n(Cl), n(F), n(Br)* – число атомов углерода, серы, водорода, азота, кислорода, хлора, фтора и брома в молекуле вещества.

Для изобутилового спирта:

К = 4·1 + 1·4 - 2 = 6, тогда:

tвсп = 64.9 - 18 = 20.80 С.

2-й способ.

, оС.

где а0 - размерный коэффициент, равный минус 73,14 °С;

а1 -. безразмерный коэффициент, равный 0,659;

tкип- температура кипения исследуемой жидкости, °С;

аj - эмпирические коэффициенты, приведённые в табл. 9.3. в зависимости от связей в структурной формуле вещества;

lj - количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Структурная формула метилового спирта:

Н ­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­

|

Н─ С─OH

|

H

tвсп =- 73,14 + 0,659·64.9 + (1.105·3+2,47+23,9) = -0.70 С.

Ответ: температура вспышки метилового спирта равна по 1-му способу 20.8 0С , по 2-му способу -0.7 0С.

(ГОСТ-12.1.044-89 приложение 2)

**3.2. Температура воспламенения.**

Температура воспламенения

Температура воспламенения - наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Воспламенение - пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Значение температуры воспламенения следует применять при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010, а также необходимо включать в стандарты и технические условия на жидкости.

Температура воспламенения жидкости рассчитывается по той же формуле что и температура вспышки, но со своими коэффициентами:

, оС,

где:

а0 = - 47,78 °С;

а1 = 0,882;

tкип - температура кипения жидкости, °С;

аj - коэффициент j-той химической связи, приведены в табл. 9.5

lj - число химических связей вида j в молекуле жидкоcти

tвосп = -47,78 + 0,882·64.9 + ( – 2,118·3-0,111+8,216) = 11.20 С.

Ответ: температура воспламенения метилового спирта равна 11.2ОС

**ГОСТ 12.1.044-89 приложение 3**

**3.3 Температура самовоспламенения.**

Температура самовоспламенения - наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.

Самовоспламенение - резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающееся пламенным горением и/или взрывом.

Значение температуры самовоспламенения следует применять при определении группы взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011 для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ. 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010, а также необходимо включать в стандарты или технические условия на вещества и материалы.

Расчетные формулы:



где Ci-длина i-той углеродной цепи в молекуле,

- число цепей.



где S - число концевых групп в молекуле( -СН3, -С6Н5 и т.д.)

Для спиртов алифатического ряда концевой считается и гидроксильная группа -ОН. Из общего числа цепей последовательно выбирают цепи с одинаковым числом углеродных атомов, причем для ароматических соединений атомы углерода ароматического ядра в расчет не включаются. Для спиртов расчетная длина цепи, содержащая гидроксильную группу, увеличивается на единицу по сравнению с фактической углеродной цепью. Для ароматических соединений длина цепи, содержащая арильный радикал, уменьшается на единицу по сравнению фактической длиной.

Lср = 4, по таблице определяем температуру самовоспламенения – 695 К или – 4220 С.

Однако этот расчет можно применить к определенному классу веществ, поэтому температуру самовоспламенения в основном определяют по справочным данным. tсмв = 440 0 С.

Ответ: температура самовоспламенения по данным справочника Баратова Тсмв=440 ОС

(Справочник Баратова)

**3.4. Концентрационные пределы распространения пламени.**

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени - минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Значения концентрационных пределов распространения пламени необходимо включать в стандарты или технические условия на газы, легковоспламеняющиеся индивидуальные жидкости и азеотропные смеси жидкостей, на твердые вещества, способные образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси (для пылей определяют только нижний концентрационный предел). Значения концентрационных пределов следует применять при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; при расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования и трубопроводов, при проектировании вентиляционных систем, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей в воздухе рабочей зоны с потенциальными источниками зажигания в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.010, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004.

φн =  =  = 5,64 %.

φв =  =  = 34,5 %.

Для расчета массовой концентрации:

Сн =  =  = 0,08 кг/м3.

Св =  =  = 0,5кг/м3.

**Ответ:** область распространение пламени для метилового спирта: 5,64-34.5% (об.), 0,08-0,5 кг/м3 (масс.).

(ГОСТ 12.1.044-89 приложение 4)

**3.5. Температурные пределы распространения пламени.**

Температурные пределы распространения пламени - такие температуры вещества, при которых его насыщенный пар образует в окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

Значения температурных пределов распространения пламени следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объекта в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010; при расчете пожаровзрывобезопасных температурных режимов работы технологического оборудования; при оценке аварийных ситуаций, связанных с разливом горючих жидкостей, для расчета концентрационных пределов распространения пламени, а также необходимо включать в стандарты или технические условия на горючие жидкости.

Температурные пределы *Тн* и *Тв* связаны с КПР пламени зависимостью:

**

где ϕпр - нижний или верхний КПР, %;

*Р0*  - атмосферное давление, кПа;

*А, В, Са* - константы уравнения Антуана для давления насыщенных паров,(Справочник Баратова).

А=7,3522

В=1660,454.

С=245,818.

Тогда:

** = 6,06 0С.

** =39.890 С.

Если неизвестна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то для веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N значение нижнего или верхнего температурного предела *(t*п*)* вычисляют по формуле

tп = а0 + а1tкип + 

где а0 — размерный коэффициент, равный минус 62,46°С для нижнего и минус 41,43°С для верхнего пределов;

а1 — безразмерный коэффициент, равный 0,655 для нижнего и 0,723 для верхнего пределов;

aj — эмпирические коэффициенты, характеризующие вклад j-х структурных групп.

НТПР = -62,46 + 0,655·107,8 + ( – 0,009·3+0,11+19,75) = 25,20 С.

ВТПР = -41,43 + 0,723·107,8 + ( 0,570·3+1,267+17,8) = 56,10 С.

**Ответ:** температурные пределы распространения пламени для метилового спирта равны tн=0,3ОС и tв=26,3 ОС.

(ГОСТ12.1.044 приложение 6)

**3.6. Нормальная скорость распространения пламени паровоздушной смеси (максимальная нормальная скорость горения).**

Нормальная скорость распространения пламени - скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Значение нормальной скорости распространения пламени следует применять в расчетах скорости нарастания давления взрыва газо- и паровоздушных смесей в закрытом, негерметичном оборудовании и помещениях, критического (гасящего) диаметра при разработке и создании огнепреградителей, площади легкосбрасываемых конструкций, предохранительных мембран и других разгерметизирующих устройств; при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

***Максимальная нормальная скорость горения*** *– максимальная линейная скорость распространения фронта пламени в газовых смесях, определяемая в специальных условиях.*

Максимальная нормальная скорость распространения пламени в настоящей работе определяется по справочной литературе и расчетом.

Максимальная скорость горения Su для органических веществ, состоящих из атомов С, Н, N, O, S и структурных групп, представленных в таблице, вычисляется по формуле:



где - число структурных групп j-го вида в молекуле; - коэффициент, соответствующий j-й структурной группе; nC – число атомов углерода в молекуле; - показатель степени, равный двум; Su0 – значение нормальной скорости горения

Для органических веществ, состоящих из атомов С, Н, N, O, и для веществ, состоящих из структурных групп, не учтенных в таблице максимальная нормальная скорость горения вычисляется по формуле:



где Т – адиабатическая температура горения смеси стехиометрического состава.

Для веществ, состоящих из структурных групп, приведенных в таблице, значение Т может быть определено по формуле:

,

где mj – число структурных групп j-го вида в молекуле;

Таким образом для изобутилового спирта:

 =  = 0,55 м/с.

(ГОСТ 12.1.044-89 приложение 7).

## 3.7. Критический диаметр огнегасящего канала и безопасного экспериментального максимального зазора.

Расчет критического диаметра dкр длинного цилиндрического огнегасящего канала производится по формуле:



где Рекр = 72 – число Пекле; Su – нормальная скорость горения; Сpv – удельная теплоемкость, Дж/кг·К; λ – коэффициент теплопроводности исходной смеси, Вт/м·К; Т – температура, К; Р – давление, Па; R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/моль·К; М – молярная масса, кг/моль.

Максимальный экспериментальный безопасный зазор (БЭМЗ) рассчитывается по формуле:

БЭМЗ = dкр/3

Относительная средняя квадратическая погрешность расчета составляет 18%.

**Для метилового спирта:**

 = 3.3 мм.

БЭМЗ = dкр/3 = 3,3/3 = 1.1 мм

**3.8. Минимальная энергия зажигания.**

Минимальная энергия зажигания - наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить наиболее легко воспламеняющуюся смесь горючего вещества с воздухом.

Значение минимальной энергии зажигания следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасных условий переработки горючих веществ и обеспечения электростатической искробезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010 и ГОСТ 12.1.018.

***Минимальная энергия зажигания Еmin*** *- это наименьшее значение электрического разряда, способного воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь горючего газа, пара или пыли с воздухом.*

Минимальная энергия зажигания - один из показателей пожарной опасности веществ, применяется при разработке мероприятий по пожаровзрывобезопасности и электростатической искробезопасности технологических процессов с обращающимися горючими газами, жидкостями и пылями. Эти мероприятия касаются выбора взрывобезопасного электрооборудования, материалов, условий их безопасной эксплуатации и т.д.

Минимальная энергия зажигания зависит от множества различных параметров. Она определяется экспериментально.

Минимальная энергия зажигания в курсовой работе определяется по справочной литературе и расчетом.

Минимальная энергия зажигания W (Дж) рассчитывается по формуле6

,

где α= 0,5 – коэффициент пропорциональности ; q- удельное объемное количество тепла, необходимое для нагрева горючей смеси от её начальной температуры tн до температуры самовоспламенения. Дж/м3; lк – величина критического зазора, м.

Удельное объемное количество тепла, необходимое для нагрева горючей смеси от tнач до tсв, рассматривается как тепло, нужное для нагрева воздуха qг, и вычисляется (Дж) по формуле

,

где СР – теплоемкость воздуха, Дж/(кг град); ρг – плотность воздуха, кг/м3.

Величину qг можно вычислить по таблице 12.

При расчете критического зазора зажигания lк используется значения максимального экспериментального безопасного зазора (МЭБЗ), **ГОСТ 12.1.001-78:**



Таким образом для метилового спирта:

Еmin=0,17 мДж

**Ответ:** минимальная энергия зажигания равна 0,17 мДж

**3.9. Способность гореть и взрываться при взаимодействии с водой, кислородом и другими веществами.**

Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами - это качественный показатель, характеризующий особую пожарную опасность некоторых веществ.

Данные о способности веществ взрываться и гореть при взаимном контакте необходимо включать в стандарты или технические условия на вещества, а также следует применять при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; при выборе безопасных условий проведения технологических процессов и условий совместного хранения и транспортирования веществ и материалов; при выборе или назначении средств пожаротушения.

Сущность метода определения способности взрываться и гореть при взаимном контакте веществ заключается в механическом смешивании исследуемых веществ в заданной пропорции и оценке результатов испытания.

(ГОСТ 12.1.044-89 п.4.15).

**3.10. Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора.**

Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора - наименьшая концентрация флегматизатора в смеси с горючим и окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислителя.

Значение минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов методом флегматизации в соответствии с требованиями **ГОСТ 12.1.004** и **ГОСТ 12.1.010**.

Фгф - концентрация горючего в экстремальной точке области воспламенения, объемные проценты;

μгф – то же, но в нормальных долях, моль/моль;

φф - минимальная флегматизирующая концентрация негорючего компонента, объемные проценты;

μФ - мольная доля флегматизатора в смеси;

φкис(ф) – минимальное взрывоопасное содержание кислорода в воздухе в точке флегматизации, (объемные проценты);

Концентрация флегматизатора в экстремальной точке рассчитывается по формуле:



где h' и h" - параметры, зависят от рода флегматизатора, приведены в таблице 9, а ΔНf0 – энтальпия образования горючего, причём, если параметры h даны в моль/Дж. то и ΔНf0 – необходимо брать в Дж/моль; индексом mj в формуле обозначено число атомов и групп одного вида в молекуле горючего. (Справочник Баратова ).

В расчетной работе необходимо определить минимальную флегматизирующую концентрацию для водяного пара, СО2 и N2.

**Разбавление азотом:** mc = 1, mh = 4, mo = 1.

φф = 100·(0,800·10-5·276300 + 0,780 + (1,651·1 + 0,527·4 + 0,446·1))/2,236 – 1 + (5,000·1 + 1,250·4 - 2,500·1) =49,1%.

**Разбавление водяным паром:**

φф = 100·(0,735·10-5·276300 + 0,579 + (1,251·1 + 0,418·4 + 0,542·1))/2,020 – 1 + (4,642·4 + 1,160·10 - 2,321·1) = 39%.

**Разбавление двуокисью углерода:**

φф = 100·(0,864·10-5·276300 + 1,256 + (2,5277·1 + 0,7592·4+ 0,197·1))/2,8 – 1 + (5,964·4 + 1,486·10 - 2,973·1) = 31,8 %.

Ответ: минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора

равна для водяного пара- 49,1%, для углекислого газа- 39%, для

азота- 31,8%.

**3.11. МВСК Минимальное взрывоопасное содержание кислорода.**

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода - такая концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространение пламени в смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.

Значение минимального взрывоопасного содержания кислорода следует применять при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями **ГОСТ 12.1.004** и **ГОСТ 12.1.010**.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода— такая концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространение пламени в смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК) в объемных процентах рассчитывается по формуле :

φО2 = ,

тогда:

*при разбавлении азотом:*

φО2 =  = 10,53 %.

*при разбавлении водяным паром:*

φО2 =  = 12,68%.

*при разбавлении двуокисью углерода:*

φО2 =  = 14,04 %.

Ответ: минимальное взрывоопасное содержание кислорода для

водяного пара равно- 12,68%, для углекислого газа- 8,77%,

для азота- 10,53%.

**3.12. Максимальное давление взрыва.**

Максимальное давление взрыва - наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Значение максимального давления взрыва следует применять при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

Рвзр =  , где

Р0 – начальное давление, кПа (МПа);

*Т0* – начальная температура, К;

*Твзр* – температура взрыва, К;

*m* – число молей (киломолей) газообразных продуктов горения;

*n* – число молей (киломолей) исходных газообразных веществ.

Рвзр =  =808,07 кПа.

СН4О + 1,5 (О2 + 3,76·N2) → СО2 + 2Н2О + 1.5·3,76·N2

m = 1+2+1.5·3,76 = 8,64 киломоль.

n = 1 + 1,5·4,76 = 8,14 киломоль.

Твзр = 2202 К.

**Ответ:** максимальное давление взрыва равно 808,07 кПа.

(ГОСТ 12.1.044 приложение 11)

**3.13**.**Вывод:** проведя анализ пожарной опасности данного вещества, можно дать рекомендации по работе с ним, например, данное вещество имеет tвсп=- 0,7 0С - это вещество относится к ЛВЖ; КПР-1,04%-6,84%-пожаровзрывоопасная зона; оно опасно при взаимодействии с галогенами и с сильными окислителями.

**4. Расчет аварийной ситуации.**

**4.1. Интенсивность испарения при заданных условиях.**

1. Скорость воздушного потока – 0,37 м/с;

2. Площадь помещения –780 м2;

3. Высота помещения – 4.8 м;

4. Объем емкости ( аппарата ) – 200 литров;

5. Температура в помещении – 400 С.

Wисп=10-6·η··Рн,

по таблице 3 НПБ 105-03 принимаем коэффицент η=2,3.

Молярная масса изобутилового спирта равна: М = 32 кг/кмоль.

Давление насыщенного пара:

В пожарных расчетах наиболее распространенным способом определения давления насыщенного пара при заданной температуре является расчет по **уравнению Антуана**:

; *Рs* ,

где

*Рs* - давление насыщенного пара, кПа;

*tР* - рабочая (заданная) температура, 0С;

*А, В, С* - константы уравнения Антуана из справочной литературы.

А=7,3522.

В=1660,454.

С=245,818.

*Рs*  =  = 34,8 кПа.

Тогда:

Wисп=10-6·2,3··34,8= 453,03·10-6 кг/м2·с.

Ответ: скорость испарения составила 453,03·10-6 кг/м2·с

**( НПБ 105-03)**

**4.2. Время образования минимальной взрывоопасной концентрации паров в помещении.**

Из предыдущих расчетов известно, что минимальная взрывоопасная концентрация паров равна 0,08 кг/м3.

0,058 кг - 1 м3

mкг - 1600 м3

m =  = 92,8кг - минимальная взрывоопасная концентрация для объёма равного 1600 м3.

2.Время образования минимальной взрывоопасной концентрации выражается из формулы:

m = Wисп·Sисп·τисп.

Тогда:

τисп = ;

Все данные для этого расчета у нас имеются.

τисп =  = 1865,5 сек. = 31мин.

**Ответ**: в рассмотренном помещении при выбранной аварийной ситуации

минимальная среднеобъемная взрывоопасная концентрация паров

в помещении образуется через 31 минуты после аварии.

**4.3. Избыточное давление взрыва газопаровоздушной смеси при выбранной аварийной ситуации.**

Избыточное давление взрыва ΔР для индивидуальных горючих веществ (газов и паров ЛВЖ и ГЖ), состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

Расчет избыточного давление взрыва для индивидуальных веществ производится согласно ***ГОСТ Р 12.3.047 – 98*** и ***НПБ 105-03.***

 , кПа.

Где,

*РMAX* - максимальное давление взрыва стехиометрической газовоздушной и паровоздушной смесив замкнутом объеме. Определяется экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать *РMAX* = 900 кПа.

*Р0* - начальное давление, кПа. Допускается принимать равным 101,3кПа.

*m* - масса горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате аварии в помещение.

*Z* - коэффициент участия горючего во взрыве. Допускается принимать значение *Z* по таблице.

*VСВ* - свободный объем помещения, м3. 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.

*VСВ = 0,8V.*

*ρГ* - плотность газа или пара при расчетной температуре *tРАСЧ*, кг/м3,

где

, кг/м3, а  , м3/кмоль.

Если принять, что давление в помещении равно нормальному атмосферному давлению (101,3 кПа) то плотность газа или пара можно рассчитать по следующей формуле:

 , кг/м3, где

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

**Примечание:** Бывают случаи, когда рассчитанная таким образом масса паров превышает массу жидкости. Это говорит о том, что жидкость испарится полностью менее чем за час. В этом случае расчетная масса паров принимается равной массе жидкости.

*V0* - молярный объем при нормальных условиях, равный 22,4 м3/кмоль.

*tРАСЧ* - расчетная температура, 0С.

*ССТЕХ* - стехиометрическая концентрация горючих газов или паров ЛВЖ и ГЖ, % (объемных). Стехиометрическая концентрация вычисляется по формуле

 , % ,

Где:

*β -* стехиометрический коэффициент кислорода в уравнении реакции горения. Коэффициент *β* также может быть рассчитан по следующей формуле:

 ,

Где:

*nC*, *nH*, *nX,*, *nO* - число атомов С, Н, О, галогенов в молекуле горючего вещества.

*КН* - коэффициент, учитывающий негеометричность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать *КН = 3.*

Для того, чтобы воспользоваться этой формулой необходимо рассчитать массу, стехиометрическую концентрацию и свободный объем помещения. По условию время испарения не более часа.

m = Wисп·Sисп·τисп = 453·10-6·200·3600 = 158 кг.

 =  = 12,3 %.

*VСВ = 0,8VПОМЕЩ* = 0,8· = 2995,2 м3.

=1,25 , кг/м3,

=

= = 17,8кПа.

**Ответ:** избыточное давление взрыва газопаровоздушной смеси

равно 17,8 кПа.

**4.4. Размер взрывоопасной зоны.**

Метод расчета размеров зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в помещение регламентируется ГОСТ Р 12.3.047 – 98 и НПБ 105-03.

Расстояния *ХНКПР, YНКПР* и *ZНКПР* для ГГ и ЛВЖ, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР, рассчитывают по формулам:

*ХНКПР* = ,

*YНКПР* = ,

ZНКПР = ,

Где:

*К1* – коэффициент, принимаемый равным:

*1,1314* для горючих газов и

*1,1958* для легковоспламеняющихся жидкостей;

*К2* – коэффициент, равный:

*1* для ГГ и

*Т/3600* для ЛВЖ;

*Т* – продолжительность поступления паров ЛВЖ, с;

*К3* – коэффициент, принимаемый равным:

*0,0253* для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды,

*0,02828* для ГГ при подвижности воздушной среды,

*0,04714* для ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды,

*0,3536* для ЛВЖ при подвижности воздушной среды;

*l* – длина помещения , м;

*b* – ширина помещения, м;

*h* – высота помещения, м;

*δ* – допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости. При уровне значимости *Q = 0,05* значения *δ* будут равны:

*1,27* для ЛВЖ при работающей вентиляции,

*1,25* для ЛВЖ при неработающей вентиляции,

*1,37* для ГГ при работающей вентиляции,

*1,38* для ГГ при неработающей вентиляции;

*С0* – предэкспоненциальный множитель, % (объемн.), равный:

*С0* = 

для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды,

*С0* = 

для ГГ при подвижности воздушной среды,

U – подвижность воздушной среды, м/с;

*С0* = 

для ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды,

*С0* = 

для ЛВЖ при подвижности воздушной среды;

*СН* – концентрация насыщенных паров при расчетной температуре, кПа.

*СН* может быть рассчитана по формуле:

*СН* = ,

Где:

*РН* – давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа;

*Р0* – атмосферной давление, равное 101, 3 кПа;

*ρп* – плотность паров, кг/м3.

Плотность паров *ρп* рассчитывается по формуле:

*ρп* = *М/Vм*, кг/м3.

При отрицательных значениях логарифмов расстояния *ХНКПР, YНКПР* и *ZНКПР* принимают равным 0.

Во всех случаях значения расстояний *ХНКПР, YНКПР* и *ZНКПР* должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

**В нашем случае при нерабочей вентиляции:**

*С0* =  =  = 13,12

*СН* =  =  = 34,4

*ХНКПР* =  =  = 28 м.

*YНКПР* =  =  = 14,35м.

ZНКПР =  =  = 1,02 м.

**при работающей вентиляции:**

*ХНКПР* =  =  = 34 м.

*YНКПР* =  =  =17,5 м.

ZНКПР =  = = 1,24 м.

(НПБ 105-03 )

**4.5. Определение класса зоны по ПУЭ.**

Электрооборудование и электрические сети являются потенциальными источниками зажигания на любом объекте, поэтому при проектировании и строительстве производственных объектов, одной из наиболее важных задач является выбор электрооборудования. Для этого ПУЭ предусматривает определение классов пожароопасных или взрывоопасных зон в производственных помещениях.

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств), электропроводок и кабельных линий производятся в соответствии с Правилами устройства электроустановок на основе классификации взрывоопасных и пожароопасных зон, и взрывоопасных смесей.

Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

При определении взрывоопасных зон принимается, что:

а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Объемы взрывоопасных газо- и паровоздушной смесей, а также время образования паровоздушной смеси определяются в соответствии с НПБ 105.

Минимальной взрывоопасной концентрацией горючего в смеси является НКПР. При этом необходимо учитывать коэффициент безопасности, который принимается в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89\* равным 0,8.

Для определения объема взрывоопасной смеси необходимо:

1. Определить количество паров, выходящих в объем помещения

Определяем объем, занимаемый 65,4 кг паров:

плотность паров равна:





2. Определить минимальную взрывоопасную концентрацию смеси

Минимальная взрывоопасная концентрация паров в смеси с учетом коэффициента безопасности составляет:



Определяем объем взрывоопасной смеси. Составляем пропорцию:

135 м3 -------- 4,5 %

Х м3 -------- 100%



взрывоопасная концентрация при рассматриваемой аварийной ситуации образуется в объеме 3000 м3, это более 5% от свободного объема помещения.

3. Определение категории и группы взрывоопасной смеси

БЭМЗ для изобутилового спирта составляет 1,1 мм. В соответствии с п.7.3.26 ПУЭ категория взрывоопасной смеси IIА.

Температура самовоспламенения метилового спирта 470°С. В соответствии с п.7.3.27 ПУЭ группа взрывоопасной смеси Т1.

**Вывод:** В помещении обращается ЛВЖ, категория взрывоопасной смеси IIА, группа взрывоопасной смеси Т1. Образование взрывоопасной концентрации в помещении возможно только в результате аварийной ситуации. Объем взрывоопасной смеси превышает 5% свободного объема помещения. В соответствии с ПУЭ, класс зоны во всем объеме рассматриваемого помещения - В-Iа.

**Зоны класса В-Iа** — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

**4.6. Определение тротилового эквивалента взрыва паровоздушной смеси.**

Для сравнительной оценки уровня воздействия взрыва газо- паровоздушной смеси используется тротиловый эквивалент взрыва.

**Тротиловым эквивалентом взрыва** называется условная масса тринитротолуола (тротила), взрыв которой адекватен по степени разрушения взрыву парогазовой среды с учетом реальной доли участия во взрыве горючего вещества.

Тротиловый эквивалент взрыва определяется по формуле:

*WТ* = , кг,

где

*0,4* – доля энергии взрыва парогазовой смеси, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

*0,9* – доля энергии взрыва тринитротолуола, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

*QH* – удельная (низшая) теплота сгорания парогазовой среды , кДж/кг;

*QТ* – удельная теплота взрыва ТНТ (qТ = 4240 кДж/кг);

z – доля приведенной массы паров, участвующей во взрыве.

*WТ* =  =  = 118,6кг.

Ответ: тротиловый эквивалент составляет 118,6 кг.

**4.7. Определение радиусов зон разрушения.**

Зоной разрушения считается площадь с границами, определяемыми радиусами *R,* центром которой является рассматриваемый технологический блок или наиболее вероятное место разгерметизации технологической системы. Границы каждой зоны характеризуются значениями избыточных давлений по фронту ударной волны ΔР и соответственно безразмерным коэффициентом *К.*

Радиус зоны разрушения (м) в общем виде определяется выражением:

R =  , где

*К —* безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект.

При массе паров *т* более 5000 кг радиус зоны разрушения может определяться выражением:

R = .

R =  = 6 м

Ответ: радиус зоны разрушения составляет 6 м.

## 4.8 Исследование возможности снижения пожарной опасности помещения

Очевидно, что уровень пожарной опасности помещения определяет требуемые расходы на системы противопожарной защиты. Часто для оптимизации расходов на проектирование, строительство и эксплуатацию объектов требуется снизить их пожарную опасность.

В классификации помещений на взрывопожароопасные и пожароопасные определяющим показателем является величина избыточного давления взрыва в случае аварийной ситуации. Граничным значением принято 5 кПа, поскольку при таком давлении взрыва возможно повреждение человека волной давления (см. п.4.3).

Основными способами снижения пожарной опасности помещений, в которых обращаются ЛВЖ или ГЖ являются:

1. ограничение объемов используемых жидкостей;
2. ограничение площади возможного разлива жидкостей;
3. устройством аварийной вентиляции.

**4.8.1 Ограничение объема хранения**

Определяется максимальный объем сосуда (аппарата) с жидкостью в рассматриваемом помещении, при котором избыточное давление взрыва (см. п.4.3 курсовой работы) не превышает 5 кПа.

В качестве аварийной ситуации принимаем разрушение аппарата, выход жидкости в объем помещения, ее испарение с образованием взрывоопасной паровоздушной смеси.

1. Избыточное давление при взрыве паров:

 = 32,7кПа.

1. Определяем количество паров жидкости в помещении, при взрыве которого избыточное давление взрыва составит 5 кПа

 => 



1. Определяем количество паров, образующихся при разливе 1 литра жидкости

Wисп=10-6·2,3··34,8= 453,03·10-6 кг/м2·с.

С учетом того, что 1 л изобутилового спирта разливается на площадь 1 м2, площадь испарения составляет 1 м2.

Время полного испарения 1 литра жидкости составляет:

,

это более 3600 сек.

За один час испарится:



4. Определяем площадь, с которой испарится 9,9 кг жидкости за один час:



Таким образом, для того чтобы за один час испарилось 9,9 кг изобутилового спирта, необходимо разлить 30,9 л жидкости. Т.е. при хранении изобутилового спирта в аппаратах менее чем по 30,9 л, избыточное давление взрыва в случае аварийной ситуации составит менее 5 кПа.

5. Произведем проверочный расчет:

Объем жидкости 27,4 л

Площадь разлива 27,4 м2

Масса паров, образующихся за один час



 = 4,99 кПа.

Вывод: при использовании емкостей для метилового спирта объемом не более 27,4 л избыточное давление взрыва в случае аварийной ситуации не превысит 5 кПа.

* + 1. **Ограничением площади разлива жидкости**

Количество испаряющейся жидкости в случае аварийной ситуации можно уменьшить путем ограничения площади разлива. Для этого могут быть предусмотрены обвалования, бортики, аварийный слив и т.п. Расчет максимальной площади обвалования производится аналогично как в п.4.8.2. При этом необходимо рассчитать минимальную высоту обвалования.

При определении высоты обвалования, учитывается, что фактическая высота должна быть не менее чем на 0,1 м больше расчетной.

Vапп=Sисп ⋅ hобвал.

Vапп= 200 л= 0,2 м3

Sисп=27,4 м2

hобвал.= 

Проверка: Объем жидкости 0,2 м3

Площадь разлива 27,4 м2

Масса паров, образующихся за один час



 = 4,99 кПа.

Ответ: площадь обвалования составила 27,4 м2.

При хранении емкости с метиловым спиртом в обваловании площадью 27,4 м2 и более, высотой 0,109 м избыточное давление взрыва составит не более 5 кПа и помещение перейдет в пожароопасную категорию.

* + 1. **Устройством аварийной вытяжной вентиляции в помещении**

В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении значения массы *т* горючего вещества для расчета избыточного давления взрыва, допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу *m* горючих газов или паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент *К,* определяемый по формуле

*К = АТ + 1,*

где *А –* кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с-1; *Т –* продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения (в случае испарения жидкости – 3600 сек, или время полного испарения).

Кратность воздухообмена обычно обозначается n и показывает сколько раз за один час полностью меняется атмосфера в помещении, т.е. размерность [1/час]. Поэтому при выполнении расчетов, необходимо привести это значение к размерности [1/сек].

Так же необходимо учесть, что при работе аварийной вентиляции скорость воздушных потоков в помещении может увеличиться, что приведет к увеличению интенсивности испарения. Скорость воздушного потока в помещении при работе аварийной вентиляции определяется по формуле:

,

где *l* - длина помещения, м;

n - кратность воздухообмена ч-1.

Принимаем n=2,5

Помещение оборудовано аварийной вентиляцией обеспечивает вентиляцию помещения кратностью воздухообмена равной 2,5.

W=10-6η√МРн

ω=L/τ=2·l·g/3600=2·20·7/3600=0,054 м/с

в соответствии с таблицей №3 НПБ 105-03 при температуре 40ОС и скорости воздушного потока 0,054 м/с η=1,2

Wисп=10-6·1,2··25= 169,7·10-6 кг/м2·с.



mав=102,2 /(1+7 · 3600/3600)= 4,7 кг

 = 3,75 кПа.

**Ответ:** при кратности воздухообмена равной 2,5, давление взрыва будет меньше 5 кПа.

**5. Выбор и обоснование огнетушащих средств**

Осуществляется по справочникам, выбираются все ОТВ с указанием их расходных показателей: интенсивности подачи, удельного расхода, времени тушения поверхностным и объемным способом.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вода | Воздушно-механическая пена средней кратности на основе ПО-1Д, Сампо, ПО-6К, ПО-3АИ | Объёмное тушение | | | Порошки | | | | Наиболее целесообразные средства тушения |
| СО2 | Хладоны | 85% (масс) СО2 + 15% (масс) C2F4Br2(CF2Br) | ПСБ-3 | П-2АП, пир. А, ПФ | ПГС-М, ПС, МГС, РС, ПФК | СИ-2 |
| I, л/(м2·с) при t=(30-60) мин | I, л/(м2·с) при t=(30-60) мин | G, кг/м3 при t=2 мин | G, кг/м3 при t=2 мин | G, кг/м3 при t=2 мин | ε·104, кг/(кВт·с)  G, кг/м3 | ε·104, кг/(кВт·с)  G, кг/м3 | G, кг/м2 | G, кг/м2 |
| 0,25 | - | 0,7 | 0,22 | 0,27 | 1,50  (0,66) | 1,42  (0,89; 0,65; 0,47) | - | - | При крупных проливах – распыленная вода, пена, порошок ПСБ  В помещениях объёмное тушение  Малые очаги – СО2, вода |

# 

# Рекомендуемый список литературы

1. Основная

1. Теоретические основы процессов горения /Кутуев Р.Х., Малинин В.Р.,  
   Кожевникова Н.Ю. и др.: Учебник. - СПб.: СПбВПТШ МВД РФ, 1996.  
   -236с.
2. Решетов А.П., Ловчиков В.А. Теоретические основы процессов горения: Учебно-методическое пособие по решению задач. - СПб: СПбИПБ МВД  
   России, 1997. - 123 с.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко - М.:Химия, 1990.
4. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. – М.: ВНИИПО, 2002. – 77 с.
5. С.И. Таубкин. Пожар и взрыв. Особенности их экспертизы. – М.:ВНИИПО МВД России, 1999. – 600 с.
6. Власов Д.А. Взрыв и его последствия: Учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2001. – 152 с.

2. Дополнительная

1. Демидов П.Г., Саушев B.C. Горение и свойства горючих веществ: Учебное пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984.
2. Абдурагимов И.М. и др. Физико-химические основы развития и тушения пожаров (Учебное пособие) М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980.
3. Химия. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. И.Л. Кнуянц. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. - 792 с.
4. Пожарная безопасность. Взрывоопасность / А.Н.Баратов, Е.Н.Иванов, А.Н.Корольченко и др. – М.: Химия, 1987.-272с.
5. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: Справочник / Под ред. Рябова И.В. – М.: Химия, 1970. – 336 с.
6. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987
7. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров /Пер. с англ. К.Г. Бомштейна; Под. ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.: ил. – Перевод. изд. An Introduction to Fire Dynamics/ D. Drysdale. – John Wiley and Sons, Chichester, 1985. – ISBN 5-274-00771-6.
8. Краткая химическая энциклопедия (в 5-ти томах), 1987.
9. Справочник химика, в 6-ти томах.

3. Нормативно-техническая

1. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 7.1-84. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
3. ГОСТ 7.9-95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.
4. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
5. ГОСТ 12.1.004-91\* Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
7. ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов
8. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
9. Пособие по применению НПБ 105-95 "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" при рассмотрении проектно-сметной документации /Шебеко Ю.Н. и др. - М.: ВНИИПО, 1998. - 119 с
10. ПУЭ-85. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.
11. ПБ 09-170-97 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Данные по пожарной опасности* | | | |
| *справочные* | *расчетные* | | *Требования пожаровзрывобезопасности*  *(с учетом коэффициентов безопасности)* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 |
| 1. | Общие сведения:  Название вещества  Структурная формула  Область применения | метиловый спирт  СН4О  лвж |  | |  |
| Физико-химические свойства | | | | | |
| 2. | Агрегатное состояние  Внешний вид, цвет и запах | Жидкость  бесцветная |  | |  |
|  | Плотность, кг/м.куб | 786,9 |  | |  |
|  | Относительная плотность пара по воздуху | 1,1 |  | |  |
|  | Температура плавления Тпл, оС | ------ |  | |  |
|  | Температура кипения, Ткип, оС | 64,9 |  | |  |
|  | Коэффициент диффузии пара в воздухе, кв.см/с | 0,162 |  | |  |
|  | Растворимость в воде, % | Хорошо растворим |  | |  |
| Характеристики горения | | | | | |
| 3. | Расход воздуха на горение м.куб/кг:  Теоретический  Практический |  | 5  16 | |  |
|  | Коэффициент избытка воздуха |  | 3,2 | |  |
|  | Объем продуктов горения, м.куб/кг:  Теоретический  Практический |  | 9,5  31,1 | |  |
|  | Состав продуктов горения практический, % об  СО2  Н2О  N2 |  | 4,1  8,2  74,1 | |  |
|  | Стехиометрическая концентрация, % об.  г/м.куб |  | 12,3  180 | |  |
|  | Низшая теплота горения Qн, кДж/кг |  | 23025 | |  |
|  | Температура горения адиабатическая Тгор, К |  | 2202 | |  |
| Показатели пожарной опасности | | | | | |
| 4. | Температура вспышки, tвсп, оС | 6 | 0,7 | | лвж |
|  | Температура воспламенения tв, оС | 13 | 11,2 | |  |
|  | Температура самовоспламенения tсв, оС | 440 | 440 | | tбез≤0,8 · tсв=  0,8 ·440=352 0С |
|  | Концентрационные пределы распространения пламени,  % об.: НКПР  ВКПР | 6,98  35,5 | 5,64  34,5 | | С источником зажигания:  *φбез=φн÷*20=  =5,64*÷*20=0,282  Без источника зажигания:  *φбез=φн÷*2=  =5,64*÷*2=2,82 |
|  | Температурные пределы распространения пламени, оС:  НТПР  ВТПР | 5  39 | 6  39,9 | НТПР-10≤tбез≤ВТПР+15  -4 ≤ tбез ≤ 54 | |
|  | Минимальная энергия зажигания, Emin, мДж | 0,17 | 0,14 | | Еmin без. ≤0,4Еmin заж =0,4·0,17=0,068 |
|  | Способность гореть и взрываться при взаимодействии с H2O, O2, и др. |  |  | | Опасно при взоимодействии с алогенами и с сильными окислитеями |
|  | Нормальная скорость распространения пламени, Uн, м/с | 0,572 | ---- | |  |
|  | Максимальное давление взрыва, Pmax, кПа | 620 | ---- | |  |
|  | Минимальная флегматизирующая концентрация % об.  N2  CO2  H2O (пар) | 49  38,6  32 | ---- | |  |
| Рекомендуемые огнетушащие вещества | | | | | |
| 5. | Вода (интенсивность подачи) |  |  | |  |
|  | Пена (интенсивность подачи) |  |  | |  |
|  | Негорючие газы (наименование, расход) |  |  | |  |
|  | Хладоны (наименование, расход) |  |  | |  |
|  | Порошки (наименование, расход) |  |  | |  |