

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра пожарной и промышленной безопасности

Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ

*Методические указания
к практическим занятиям
для студентов направления
подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело*

Воронеж 2015

УДК
ББК

Составители
Э.В. Соловьева, И.И. Переславцева

Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ: метод. указания к практическим занятиям / Воронежский ГАСУ ; сост.: Э.В. Соловьева, И.И. Переславцева. – Воронеж, 2015. – с.

Приводится краткий теоретический материал, необходимый для выполнения практических заданий по дисциплине «Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ».

Предназначены для студентов 2-го курса, обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 (131000.62) Нефтегазовое дело.

Табл. . Библиогр.: назв.

УДК
ББК

*Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

Рецензент –

Введение

Методические указания к практическим занятиям для студентов по учебной дисциплине «Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ» по специальности 21.03.01 (131000.62) Нефтегазовое дело составлены в соответствии с примерной программой дисциплины, соответствующей требованиям Государственного образовательного стандарта к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников для специальности 21.03.01 (131000.62) Нефтегазовое дело.

Учебная дисциплина «Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ.» является профессиональной, устанавливающей базовые знания для освоения других специальных дисциплин и производственной (профессиональной) практики.

Изучение дисциплины «Пожарная безопасность газонефтепроводов и газонефтехранилищ» строится на базе знания студентами математики, физики, технической механики, материаловедения, основ стандартизации, инженерной графики, основ нефтегазового производства, гидравлики, термодинамики.

В процессе преподавания дисциплины необходимо формировать у студентов интерес к профессии, навыки самостоятельного изучения учебного материала и работы с нормативно справочной литературой, применять эффективные формы и методы обучения, позволяющих развить творческие способности студентов.

Необходимо соблюдать единство терминологии и обозначений в соответствии с действующими международными, государственными и отраслевыми стандартами.

При проведении занятий целесообразно применять наглядные пособия и технические средства обучения, широко использовать устные упражнения, упражнения с обучающими машинами, с номограммами и справочниками, внедрять элементы программированной обучения, достижения современной науки, и техники.

Рекомендуется создание программированных учебных пособий, позволяющих с минимальной помощью преподавателя усваивать изучаемый материал при самостоятельной работе студентов.

Результативность изучения курса повышает применение нетрадиционных методов форм обучения, технических средств обучения, а также систематический (в том числе и программированный) контроль за степенью усвоения материала. Занятия на уроках должны сопровождаться демонстрацией кинофильмов, диафильмов, моделей, макетов, плакатов, схем образцов техники. Необходимы, где это возможно, экскурсии на промышленные предприятия отрасли, а также вынесенные на них уроки по темам, близким к практике.

Для привития студентам навыков самостоятельной работы с использованием справочной литературы необходимо уделить особое внимание аудиторному и домашнему решению задач, выполнению расчетно-графических

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|-------|--------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Аммиак, хранимый под давлением | 0,0008 | 0,681 | -33,42 | 15 | 0,18 | 0,025 | 0,04 | 0/0,9 | 0,3/1 | 0,6/1 | 1/1 | 1,4/1 |
| Аммиак при изотермическом хранении | - | 0,681 | -33,42 | 15 | 0,01 | 0,025 | 0,04 | 0/0,9 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 |
| Водород хлористый | 0,0016 | 1,191 | -85,10 | 2 | 0,28 | 0,037 | 0,30 | 0,64/1 | 0,6/1 | 0,8/1 | 1/1 | 1,2/1 |
| Сернистый ангидрид | 0,0029 | 1,462 | -10,1 | 1,8 | 0,11 | 0,049 | 0,333 | 0/0,2 | 0/0,5 | 0,3/1 | 1/1 | 1,7/1 |
| Сероводород | 0,0015 | 0,964 | -60,35 | 16,1 | 0,27 | 0,042 | 0,036 | 0,3/1 | 0,5/1 | 0,8/1 | 1/1 | 1,2/1 |
| Соляная кислота | - | 1,198 | - | 2 | 0 | 0,021 | 0,30 | 0 | 0,1 | 0,3 | 1 | 1,6 |
| Хлор | 0,0032 | 1,553 | -34,1 | 0,6 | 0,18 | 0,052 | 1,0 | 0/0,9 | 0,3/1 | 0,6/1 | 0,6/1 | 1,4/1 |
| Фосген | 0,0035 | 1,432 | 8,2 | 0,6 | 0,05 | 0,061 | 1,0 | 0/0,1 | 0/0,3 | 0/0,7 | 1/1 | 2,7/1 |

Примечание: для k_7 в числителе приведены значения для первичного облака, а в знаменателе для вторичного.

При определении величины Q_{01} для сжиженных газов, не вошедших в табл. 1.1, значение коэффициента k_1 рассчитывается по соотношению

$$k_1 = \frac{C_p \Delta T}{H_{исп}}, \quad (1.2)$$

где C_p – удельная теплоемкость жидкого СДЯВ при температуре испарения, кДж/кг·град;

ΔT – разность температур жидкого СДЯВ до и после разрушения емкости, °С;

$H_{исп}$ – удельная теплота испарения жидкого СДЯВ при температуре испарения, кДж/кг.

k_3 – коэффициент, равный отношению поражающей токсодозы хлора к поражающей токсодозе другого СДЯВ (табл. 1.1);

k_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (принимается равным при инверсии –1; изотермии –0,23; конвекции –0,08)

k_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, по табл. 1.1 (для сжатых газов $k_7=1$);

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т.

Инверсия – состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха отсутствуют, а температура почвы ниже температуры воздуха. Наблюдается обычно ночью при ясной погоде и слабом ветре.

Конвекция – состояние атмосферы, при котором сильно развиты восходящие потоки воздуха, а температура поверхности почвы выше температуры воздуха. Возникает при ясной погоде, малых (до 4 м/с) скоростях ветра.

Изотермия – состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха очень слабы, а температура почвы равна температуре воздуха. Наблюдается в любое время суток при пасмурной погоде или ветре более 4м/с.

Количество выброшенного (выделившегося) вещества определяется по объему разрушившейся емкости или секции трубопровода, находящейся между двумя автоматическими задвижками.

При авариях на хранилищах сжатого газа величина Q_0 рассчитывается по формуле

$$Q_0 = d \cdot V_x, \text{ Т}, \quad (1.3)$$

где d – плотность СДЯВ (по табл. 1.1), т/м³;

V_x – объем хранилища, м³.

При аварии на газопроводе, величина Q_0 рассчитывается по формуле

$$Q_0 = \frac{n \cdot d \cdot V_{\Gamma}}{100}, \text{ Т}, \quad (1.4)$$

где n – процентное содержание СДЯВ в природном газе, %;

d – плотность СДЯВ (по табл. 1.1), т/м³;

V_{Γ} – объем секции газопровода между автоматическими отсекающими, м³.

Эквивалентное количество по вторичному облаку рассчитывают по формуле

$$Q_{32} = (1 - k_1) \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (1.5)$$

где k_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств СДЯВ, табл. 1.1;

k_4 – коэффициент, зависящий от скорости ветра, табл. 1.2;

k_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии (N).

Значение коэффициента k_6 определяется после расчета продолжительности T (ч) испарения вещества:

$$k_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T. \end{cases} \quad (1.6)$$

при $T < 1$ ч k_6 принимается для 1 ч;

Продолжительность испарения вещества T :

$$T = \frac{h \cdot d}{k_2 \cdot k_4 \cdot k_7}, \quad (1.7)$$

где d – плотность СДЯВ, табл. 1.1, т/м³;

h – толщина слоя свободно разлившейся жидкости (высота столба испарения) составляет 0,05 м.

Таблица 1.2

Значение коэффициента k_4 в зависимости от скорости ветра

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| Скорость ветра, м/с | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| k_4 | 1 | 1,33 | 1,67 | 2,0 | 2,34 | 2,67 | 3,0 | 3,34 | 3,67 | 4,0 |

Расчет глубины зон заражения первичным (вторичным) облаком СДЯВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте, ведут с помощью табл. 1.3.

Таблица 1.3

Глубина зоны заражения, км

| Скорость ветра, м/с | Эквивалентная масса СДЯВ, т | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,5 | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 300 |
| 1 | 1,25 | 3,16 | 4,75 | 9,18 | 12,53 | 19,20 | 29,56 | 38,13 | 52,67 | 65,73 | 81,91 | 166 |
| 2 | 0,84 | 1,92 | 2,84 | 5,35 | 7,20 | 10,85 | 16,44 | 21,02 | 28,73 | 35,35 | 44,09 | 87,79 |
| 3 | 0,68 | 1,83 | 2,17 | 3,99 | 5,34 | 7,96 | 11,94 | 15,18 | 20,59 | 25,21 | 21,30 | 61,47 |
| 4 | 0,59 | 1,33 | 1,88 | 3,28 | 4,36 | 6,46 | 9,62 | 12,18 | 16,43 | 20,05 | 24,80 | 48,18 |
| 5 | 0,53 | 1,19 | 1,68 | 2,91 | 3,75 | 5,53 | 8,19 | 10,33 | 13,88 | 16,89 | 20,82 | 40,4 |
| 6 | 0,48 | 1,09 | 1,53 | 2,66 | 3,43 | 4,88 | 7,20 | 9,06 | 12,14 | 14,79 | 18,13 | 34,07 |
| 7 | 0,45 | 1,00 | 1,42 | 2,46 | 3,17 | 4,49 | 6,48 | 8,14 | 10,87 | 13,17 | 16,17 | 30,73 |
| 8 | 0,42 | 0,94 | 1,33 | 2,30 | 2,97 | 4,20 | 5,92 | 7,42 | 9,90 | 11,98 | 14,68 | 27,75 |
| 9 | 0,40 | 0,88 | 1,25 | 2,17 | 2,80 | 3,96 | 5,60 | 6,86 | 9,12 | 11,03 | 13,50 | 27,39 |
| 15 и > | 0,31 | 0,69 | 0,97 | 1,68 | 2,17 | 3,07 | 4,34 | 5,31 | 6,86 | 8,11 | 9,70 | 17,60 |

Примечание: при скорости ветра менее 1 м/с размеры зон заражения принимают как при скорости ветра 1 м/с.

В табл. 1.3 приведены максимальные значения зон заражения первичным (Γ_1) или вторичным (Γ_2) облаком, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества и скорости ветра. Полную глубину зоны заражения (Γ) в км, обусловленную воздействием первичного и вторичного облаков СДЯВ, определяют:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (1.9)$$

где Γ' – наибольший размер Γ_1 и Γ_2 ;

Γ'' – наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 .

1.2. Задачи для самостоятельного решения

1. На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с жидким аммиаком, находящимся под давлением. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 160 т аммиака. Определить глубину возможного заражения аммиаком при времени от начала аварии $N = 4$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 5 м/с, температура воздуха + 10 °С, изотермия.

2. На химическом предприятии произошла авария в хранилище, содержащем сжатый водород. Количество выброшенного газа не установлено. Известно, что в хранилище содержалось 2000 м³ водорода. Определить глубину возможного заражения водородом при времени от начала аварии $N = 3$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 4 м/с, температура воздуха + 5 °С, изотермия.

3. На химическом предприятии произошла авария на газопроводе с сероводородом, находящимся под давлением. Количество выброшенного из трубопровода газа не установлено. Известно, что объем секции газопровода составляет 150 тыс. м³. Процентное содержание СДЯВ в природном газе 0,05%. Определить глубину возможного заражения хлором при времени от начала аварии $N = 2$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 4 м/с, температура воздуха 0 °С, инверсия.

4. На химическом предприятии произошла авария на газопроводе с фосгеном, находящимся под давлением. Известно, что в технологической системе содержалось 2 т фосгена, который был полностью выброшен из системы. Определить глубину возможного заражения фосгеном при времени от начала аварии $N = 1$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 3 м/с, температура воздуха –10 °С, изотермия.

5. На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с соляной кислотой. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 50 т соляной кислоты. Определить глубину возможного заражения соляной кислотой при времени от начала аварии $N = 3$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 2 м/с, температура воздуха 0 °С, изотермия.

6. На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с жидким хлором, находящимся под давлением. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 40 т сжиженного хлора. Определить глубину зоны возможного заражения хлором при времени от начала аварии $N = 1$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра 5 м/с, температура воздуха +10 °С, изотермия.

7. На химическом предприятии произошла авария в хранилище, содержащем аммиак, находящийся под давлением. Количество выброшенного газа не установлено. Известно, что в хранилище содержалось 6000 м^3 аммиака. Определить глубину возможного заражения аммиаком при времени от начала аварии $N = 2$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 3 м/с, температура воздуха -10°C , инверсия.

8. На химическом предприятии произошла авария на газопроводе с фосгеном, находящимся под давлением. Количество выброшенного из трубопровода газа не установлено. Известно, что объем секции газа составляет 350 тыс. м^3 . Процентное содержание СДЯВ в природном газе 0,01 %. Определить глубину возможного заражения фосгеном при времени от начала аварии $N = 3$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 1 м/с, температура воздуха $+20^\circ\text{C}$, инверсия.

9. На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с сернистым ангидридом. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержится 35 т сернистого ангидрида. Определить глубину возможного заражения сернистым ангидридом при времени от начала аварии $N = 3$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 2 м/с, температура воздуха -20°C , инверсия.

10. На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с сжиженным сероводородом. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 70 т сжиженного сероводорода. Определить глубину возможного заражения сжиженным сероводородом при времени от начала аварии $N = 4$ ч и продолжительность действия источника заражения. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 4 м/с, температура воздуха 0°C , изотермия.

2. Определение глубины и площади зоны заражения при разрушении химически опасного объекта (ХОО)

2.1. Общие сведения

В случае разрушения ХОО при прогнозировании глубины заражения рекомендуется брать данные на одновременный выброс суммарного запаса СДЯВ на объекте и следующие метеорологические условия: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Эквивалентное количество СДЯВ в облаке зараженного воздуха определяют аналогично рассмотренному в теме 1 методу для вторичного облака при свободном разливе. При этом суммарное эквивалентное количество Q , рассчитывают по формуле

$$Q_3 = 20 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot \sum_{i=1}^n k_{2i} \cdot k_{3i} \cdot k_{6i} \cdot k_{7i} \frac{Q_i}{d_i}, \text{ т}, \quad (2.1)$$

где k_{2i} – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го СДЯВ (табл. 1.1, тема 1);

k_{3i} – коэффициент, равный отношению поражающей токсодозы хлора к поражающей токсодозе i -го СДЯВ (табл. 1.1, тема 1);

k_{6i} – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после разрушения объекта (тема 1);

k_{7i} – поправка на температуру для i -го СДЯВ (табл. 1.1, тема 1);

Q_i – запасы i -го СДЯВ на объекте, т;

d_i – плотность i -го СДЯВ (табл. 1.1, тема 1).

Площадь зоны возможного заражения для первичного (вторичного) облака СДЯВ определяется по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 j, \quad (2.2)$$

где S_B – площадь зоны возможного заражения СДЯВ, км²;

Γ – глубина зоны заражения, км;

j – угловые размеры зоны возможного заражения, ... ° (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Угловые размеры зоны возможного заражения СДЯВ в зависимости от скорости ветра

| | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|----|
| $u, \text{ м/с}$ | < 0,5 | 0,6-1 | 1,1-2 | >2 |
| $j, ^\circ$ | 360 | 180 | 90 | 45 |

Площадь зоны фактического заражения S_ϕ (км²) рассчитывается по формуле:

$$S_\phi = k_8 \Gamma^2 N^{0,2}, \quad (2.3)$$

где k_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 при инверсии; 0,133 при изотермии; 0,235 при конвекции;

N – время, прошедшее после начала аварии, ч.

2.2. Задачи для самостоятельного решения

1. На ХОО сосредоточены запасы аммиака 80 т и фосгена 15 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 1 ч, температура воздуха +20°С.

2. На ХОО имеются запасы водорода 5 т и сероводорода 50 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 2 ч, температура воздуха 0°С.

3. На промышленном предприятии имеются запасы сернистого ангидрида 200 т и хлора 30 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 3 ч, температура воздуха 0°С.

4. На химическом предприятии сосредоточены запасы СДЯВ, в том числе хлора 100 т и аммиака 300 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 4ч, температура воздуха +10°С.

5. На ХОО сосредоточены запасы СДЯВ, в том числе соляной кислоты 50 т и хлора 30 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 5 ч, температура воздуха 0°С.

6. На ХОО сосредоточены запасы фосгена 30 т и сероводорода 90 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 1 ч, температура воздуха +20°С.

7. На ХОО имеются запасы водорода 150 т и соляной кислоты 100 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 2 ч, температура воздуха +10°С.

8. На промышленном предприятии имеются запасы сернистого ангидрида 10 т и аммиака 50 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 3 ч, температура воздуха +20°С.

9. На химическом предприятии сосредоточены запасы СДЯВ, в том числе водорода 50 т и фосгена 70 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 4ч, температура воздуха 0°С.

10. На ХОО сосредоточены запасы СДЯВ, в том числе соляной кислоты 50 т и сероводорода 70 т. Определить глубину и площадь зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта – 5 ч, температура воздуха +20°С.

3. Взрыв газозвудушных смесей в открытом пространстве

3.1. Общие сведения

При взрыве газозвудушных смесей различают две зоны действия: детонационной волны – в пределах облака газозвудушных смесей (ГВС) и воздушной ударной волны – за пределами облака ГВС. В зоне облака действует

детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается приблизительно равным $\Delta P_d = 17 \text{ кгс/см}^2$ (1,7 МПа).

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом r_0 , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образуют в открытом пространстве полусферическое облако. Объем полусферического облака может быть определен по формуле

$$V = \frac{2}{3} \pi \cdot r_0^3, \text{ м}^3. \quad (3.1)$$

Учитывая, что киломоль идеального газа при нормальных условиях занимает $22,4 \text{ м}^3$, объем образовавшейся ГВС при аварийной ситуации составит:

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{m_k \cdot C}, \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве);

Q – количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;

C – стехиометрическая концентрация газа в % по объему (табл. 3.1.);

m_k – молярная масса газа кг/кмоль.

Таблица 3.1

Характеристики газовой смеси

| Вещество, характеризующее смесь | Характеристики смеси | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------|
| | m_k , кг/моль | $\rho_{стх}$, кг/м ³ | $Q_{стх}$, МДж/кг | C |
| Аммиак | 15 | 1,180 | 2,370 | 19,72 |
| Ацетилен | 26 | 1,278 | 3,387 | 7,75 |
| Бутан | 58 | 1,328 | 2,775 | 3,13 |
| Водород | 2 | 0,933 | 3,425 | 29,59 |
| Метан | 16 | 1,232 | 2,763 | 9,45 |
| Оксид углерода | 28 | 1,280 | 2,930 | 29,59 |
| Этилен | 28 | 1,285 | 3,810 | 6,54 |

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси получим:

$$r_0 \approx 10 \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м}. \quad (3.3)$$

Значение коэффициента k принимают в зависимости от способа хранения продукта:

$k = 1$ – для резервуаров с газообразным веществом;

$k = 0,6$ – для газов, сжиженных под давлением;

$k = 0,1$ – для газов, сжиженных охлаждением;

$k = 0,05$ – при аварийном разливе легковоспламеняющихся жидкостей.

Зона действия воздушной ударной волны (ВУВ) начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны ΔP_ϕ зависит от расстояния до центра взрыва и определяется с использованием данных табл. 3.2, исходя из соотношения

$$\Delta P_\phi = f\left(\frac{r}{r_0}\right), \quad (3.4)$$

где r – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

Таблица 3.2

Значение давления во фронте ударной волны

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| r/r_0 | 0-1 | 1,01 | 1,04 | 1,08 | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 2,7 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 12 |
| ΔP_ϕ , кПа | 1700 | 1232 | 814 | 568 | 400 | 300 | 200 | 100 | 80 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |

Степень разрушения объектов определяется в зависимости от давления ударной волны по табл. 3.3.

Таблица 3.3

Степень разрушения объектов

| Здания и сооружения | Давление ударной волны, кПа | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|-------|-------|
| | 200-1000 | 100-200 | 50-100 | 30-50 | 20-30 | 10-20 |
| Жилые, производственные здания антисейсмической конструкции | а | б | в | г | д | - |
| Промышленные здания | | | а | б | в | в, г |
| Малоэтажные каменные | | | а | б | в | г, д |
| Деревянные | | | | | а | а, б |
| Электростанции | | | | а, б | в | г |
| Наземные трубопроводы | | а, б | б, в | в, г | г | д |
| Водонапорные башни | | | а, б | б, в | в | г |
| Воздушные линии электропередач | | а | б | в | г | г, д |
| Воздушные линии связей | | | а, б | б | в | г, д |
| Металлические мосты пролетом: до 45 м 100-150 м | а, б | б, в а, б | г в | д г, д | | |
| Железобетонные мосты пролетом до: 10 м 20-25 м | | а, б а, б | в, г б, г | д д | | |
| Автомобильные дороги | в, г | | | | | |
| Грузовые автомобили | | | а | б | в, г | г, д |

Примечание: а – полные разрушения, б – сильные разрушения, в – средние разрушения, г – слабые разрушения, д – повреждения.

3.2. Задачи для самостоятельного решения

1. При разрушении резервуара с аммиаком сжиженным охлаждением образовался взрыв облака ГВС. Количество аммиака $Q = 10$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения малоэтажного каменного здания, находящегося на расстоянии $r = 100$ м от центра взрыва.

2. При разрушении резервуара с бутаном (газ) образовался взрыв. Количество бутана $Q = 25$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения электростанции, находящейся на расстоянии $r = 250$ м от центра взрыва.

3. При разрушении резервуара с водородом, сжиженным под давлением, образовался взрыв облака ГВС. Количество водорода $Q = 15$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения водонапорной башни, находящейся на расстоянии $r = 400$ м от центра взрыва.

4. При разрушении резервуара с метаном (газ) образовался взрыв облака ГВС. Количество метана $Q = 30$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения металлического моста пролетом 120 м, находящегося на расстоянии $r = 300$ м от центра взрыва.

5. При разрушении резервуара с ацетиленом, сжиженным охлаждением образовался взрыв облака ГВС. Количество ацетилена $Q = 18$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения воздушных линий электропередач, находящихся на расстоянии $r = 100$ м от центра взрыва.

6. При разрушении резервуара с этиленом, сжиженным под давлением, образовался взрыв облака ГВС. Количество этилена $Q = 50$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения воздушных линий связи, находящихся на расстоянии $r = 300$ м от центра взрыва.

7. При разрушении резервуара с аммиаком, сжиженным под давлением, образовался взрыв облака ГВС. Количество аммиака $Q = 30$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения железнодорожного моста пролетом 10 м, находящегося на расстоянии $r = 230$ м от центра взрыва.

8. При разрушении резервуара с этиленом (газ) образовался взрыв облака ГВС. Количество этилена $Q = 100$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения промышленного здания, находящегося на расстоянии $r = 250$ м от центра взрыва.

9. При разрушении резервуара с ацетиленом, сжиженным под давлением, образовался взрыв облака ГВС. Количество ацетилена $Q = 300$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения автомобильной дороги, находящейся на расстоянии $r = 150$ м от центра взрыва.

10. При разрушении резервуара с бутаном (газ) образовался взрыв облака ГВС. Количество бутана $Q = 140$ т. Определить давление ударной волны и степень разрушения деревянного здания, находящегося на расстоянии $r = 600$ м от центра взрыва.

4. Взрывы газопаровоздушных смесей в производственных помещениях

4.1. Общие сведения

Аварии с взрывом могут произойти на пожаровзрывоопасных объектах. К пожаровзрывоопасным объектам относятся объекты, на территории или в помещениях которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости и горючие пыли в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные горючие смеси, при горении которых избыточное давление в помещении может превысить 5 кПа.

Последствия взрыва на пожаровзрывоопасных предприятиях определяются в зависимости от условия размещения взрывоопасных продуктов. Если продукты размещаются вне помещений, то принимается, что авария развивается по сценарию взрыва в открытом пространстве.

Если технологический аппарат с взрывоопасными продуктами размещен в зданиях, то авария развивается по сценарию взрыва в замкнутом объеме.

Кратко рассмотрим модели воздействия, позволяющие определить поля давлений при прогнозировании последствий взрывов в производственных помещениях. Наиболее типичными аварийными ситуациями в этом случае считаются:

- разрушение аппарата или трубопровода со смешанными газами или жидкостями;
- потеря герметичности трубопроводов (разрыв сварного шва, прокладки, отрыв штуцера);
- разлив жидкостей по полу помещения или по рельефу местности;
- образование или выброс горючей пыли.

В этом случае газо-, паро-, пылевоздушная смесь займет частично или полностью весь объем помещения. Затем этот объем заменяется расчетной сферой (в отличие от полусферы в открытом пространстве), радиус которой определяется с учетом объема помещения, типа и массы опасной смеси. При прогнозировании последствий считают, что процесс в помещении развивается в режиме детонации.

При взрыве газопаровоздушных смесей (ГПВС) зону детонационной волны, ограниченную радиусом r_0 , можно определить по формуле

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}}, \text{ м}, \quad (4.1)$$

где $\frac{1}{24}$ – коэффициент, м/кДж ^{$\frac{1}{3}$} ;

\mathcal{E} – энергия взрыва смеси, определяемая из выражения:

$$\mathcal{E} = V_{\text{ГПВС}} \cdot \rho_{\text{СТХ}} \cdot Q_{\text{СТХ}}, \text{ кДж}, \quad (4.2)$$

где $V_{\text{ГПВС}}$ – объем смеси, равный:

$$V_{ГПВС} = 100 \frac{V_{Г}}{C_{э}}, \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

где $V_{Г}$ – объем газа в помещении, м^3 ;

C – стехиометрическая концентрация горючего по объему, %, (табл. 4.1);

$\rho_{СТХ}$ – плотность смеси стехиометрического состава, $\text{кг}/\text{м}^3$ (табл. 4.1);

$Q_{СТХ}$ – энергия взрывчатого превращения единицы массы смеси стехиометрического состава, $\text{МДж}/\text{кг}$ (табл. 4.1).

Для оперативного прогнозирования последствий взрыва в производственных помещениях расчеты целесообразно проводить для случая, при котором будут максимальные разрушения, т.е. когда свободный объем помещения V_0 , где расположены емкости с газом, будет полностью заполнен взрывоопасной смесью стехиометрического состава.

Свободный объем помещений равен:

$$V_0 = 0,8 \cdot V_n, \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

где V_n – объем помещения, м^3 .

При $V_{ГПВС} > V_0$ объем смеси $V_{ГПВС}$ принимают равным V_0 .

Тогда уравнение (4.2) по определению энергии взрыва можно записать в виде:

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{СТХ} \cdot Q_{СТХ}}{C}, \text{ кДж}. \quad (4.5)$$

Таблица 4.1

Характеристика газопаровоздушных смесей

| Вещество, характеризующее смесь | Формула вещества, образующего смесь | Характеристики смеси | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------|
| | | m_k , кг/моль | $\rho_{СТХ}$, кг/м ³ | $Q_{СТХ}$, МДж/кг | C |
| Газовоздушные смеси | | | | | |
| Аммиак | CH_3 | 15 | 1,180 | 2,370 | 19,72 |
| Ацетилен | C_2H_2 | 26 | 1,278 | 3,387 | 7,75 |
| Бутан | C_4H_{10} | 58 | 1,328 | 2,775 | 3,13 |
| Водород | H_2 | 2 | 0,933 | 3,425 | 29,59 |
| Метан | CH_4 | 16 | 1,232 | 2,763 | 9,45 |
| Оксид углерода | CO | 28 | 1,280 | 2,930 | 29,59 |
| Этилен | C_2H_4 | 28 | 1,285 | 3,810 | 6,54 |
| Паровоздушные смеси | | | | | |
| Ацетон | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ | 58 | 1,210 | 3,112 | 4,99 |
| Бензин авиационный | - | 94 | 1,350 | 2,973 | 2,10 |

| | | | | | |
|--------|-------------|-----|-------|-------|------|
| Бензол | C_6H_6 | 78 | 1,350 | 2,937 | 2,84 |
| Гексан | C_6H_{14} | 86 | 1,340 | 2,797 | 2,16 |
| Ксилол | C_6H_{10} | 106 | 1,355 | 2,830 | 1,96 |
| Толуол | C_7H_8 | 92 | 1,350 | 2,843 | 2,23 |

Далее принимается, что за пределами зоны детонационной волны с давлением 17 кгс/см^2 действует воздушная ударная волна, давление во фронте которой определяется с использованием данных табл. 3.2 (тема 3) исходя из соотношения

$$\Delta P_{\phi} = f\left(\frac{r}{r_0}\right) \quad (4.6)$$

где r – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

Степень разрушения объектов определяется в зависимости от давления ударной волны по табл. 3.3 (тема 3).

4.2. Задания для самостоятельного решения

1. При разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения произошел взрыв аммиака. Объем помещения 2520 м^3 , объем газа в помещении 500 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на воздушные линии электропередач, находящиеся на расстоянии 70 м от контура помещения.

2. При разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения произошел взрыв метана. Объем помещения 15000 м^3 , объем газа в помещении 1100 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на металлический мост пролетом 120 м , находящийся на расстоянии 50 м от контура помещения.

3. При разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения произошел взрыв бензола. Объем помещения 20000 м^3 , объем газа в помещении 450 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на промышленное здание, находящееся на расстоянии 150 м от контура помещения.

4. При разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения произошел взрыв ксилола. Объем помещения 12250 м^3 , объем газа в помещении 200 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на грузовой автомобиль, находящийся на расстоянии 150 м от контура помещения.

5. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв бензола. Объем помещения 22340 м^3 , объем газа в помещении 600 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на наземный трубопровод, находящийся на расстоянии 600 м от контура помещения.

6. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв бутана. Объем помещения 5730 м^3 , объем газа в помещении 140 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на деревянное здание, находящееся на расстоянии 80 м от контура помещения.

7. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв водорода. Объем помещения 15000 м^3 , объем газа в помещении 3000 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на воздушные линии связи, находящиеся на расстоянии 65 м от контура помещения.

8. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв гексана. Объем помещения 24700 м^3 , объем газа в помещении 500 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на железнодорожный мост пролетом 25 м , находящийся на расстоянии 300 м от контура помещения.

9. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв толуола. Объем помещения 7340 м^3 , объем газа в помещении 150 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на малоэтажное каменное здание, находящееся на расстоянии 120 м от контура помещения.

10. При разгерметизации технологического оборудования внутри производственного помещения произошел взрыв ацетона. Объем помещения 13700 м^3 , объем газа в помещении 500 м^3 . Определить давление ударной волны при разрушении ограждающих конструкций и его воздействие на водонапорную башню, находящуюся на расстоянии 100 м от контура помещения.

5. Пожарная опасность выхода горючих веществ из поврежденного технологического оборудования

5.1. Общие сведения

При авариях и повреждениях аппаратов из них выходят горючие газы, пары или жидкость, что может привести к образованию взрывопожароопасных смесей, как в производственных помещениях, так и на открытых площадках.

Определяем сечение отверстия в днище аппарата

$$f_{om} = \frac{\pi d_{om}^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

где d_{om} – диаметра отверстия, м.

Массу выходящих наружу веществ при локальных повреждениях аппаратов определяют по формуле

$$m_{л} = \alpha f_{от} \omega \rho_{ж} \tau, \text{ кг}, \quad (5.2)$$

где α – коэффициент расхода, изменяющийся в пределах 0,45-0,85;
 $f_{от}$ – сечение отверстия, через которое вещество выходит наружу, м²;
 ω – скорость истечения вещества из отверстия, м/с;
 $\rho_{ж}$ – плотность вещества, кг/м³ (табл. 5.1);
 τ – длительность истечения, с.

Таблица 5.1

Плотность пожароопасных жидкостей при различных температурах

| t, °C | Бензол | Метиловый спирт | Пропиловый спирт | Толуол | Уксусная кислота | Ацетон |
|-------|--------|-----------------|------------------|--------|------------------|--------|
| 0 | 900,1 | 809,7 | 819,3 | 844,9 | - | 813,0 |
| 10 | 889,5 | 800,0 | 803,5 | 875,6 | - | 801,9 |
| 20 | 879,0 | 791,5 | 787,5 | 865,8 | 1049,1 | 790,5 |
| 30 | 865,5 | 782,5 | 778,5 | 856,9 | 1039,2 | 778,8 |
| 40 | 857,6 | 774,0 | 770,0 | 840,4 | 1028,4 | 767,4 |
| 50 | 846,6 | 765,0 | 760,5 | 838,2 | 1017,5 | 756,4 |
| 60 | 835,7 | 755,5 | 752,0 | 829,2 | 1006,0 | 744,6 |
| 70 | 823,4 | 746,0 | 746,5 | 819,7 | 994,8 | 732,6 |
| 80 | 814,5 | 735,5 | 742,5 | 810,4 | 983,3 | 720,6 |
| 90 | 804,1 | 725,0 | 732,5 | 800,6 | 971,8 | - |
| 100 | 792,7 | 714,0 | 722,0 | 791,1 | 959,9 | - |

Скорость истечения жидкости через отверстие в трубопроводе или корпусе аппарата при постоянном давлении вычисляют по формуле

$$\omega = \sqrt{2g \cdot H_{np}}, \text{ м/с}, \quad (5.3)$$

где g – ускорение силы тяжести, 9,81 м/с²;

H_{np} – приведенный напор, под действием которого происходит истечение жидкости через отверстие, м.

При истечении самотеком $H_{np} = H$ (H – высота столба жидкости, м).

При работе аппарата под давлением

$$H_{np} = \frac{P_{пл}}{\rho_{ж} \cdot g} + H, \text{ м}, \quad (5.4)$$

где $P_{пл}$ – избыточное давление среды в аппарате над поверхностью жидкости, Па, определяется:

$$P_{пл} = P_p - 1 \cdot 10^5, \text{ Па}, \quad (5.5)$$

где P_p – абсолютное рабочее давление среды в аппарате, Па.

5.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Определить количество выходящего наружу бензола при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 600 с). Диаметр отверстия в днище 4 мм, рабочее давление в аппарате 0,25 МПа, температура жидкости 30°C, высота столба жидкости в аппарате 5 м, коэффициент расхода принять равным 0,6.

2. Определить количество выходящего наружу метилового спирта при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 1200 с). Диаметр отверстия в днище 7 мм, рабочее давление в аппарате 0,3 МПа, температура жидкости 40°C, высота столба жидкости в аппарате 5 м, коэффициент расхода принять равным 0,65.

3. Определить количество выходящего наружу толуола при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 600 с). Диаметр отверстия в днище 3,6 мм, рабочее давление в аппарате 0,55 МПа, температура жидкости 30°C, высота столба жидкости в аппарате 3 м, коэффициент расхода принять равным 0,5.

4. Определить количество выходящего наружу ацетона при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 1500 с). Диаметр отверстия в днище 2 мм, рабочее давление в аппарате 0,1 МПа, температура жидкости 20°C, высота столба жидкости в аппарате 5 м, коэффициент расхода принять равным 0,75.

5. Определить количество выходящего наружу бензола при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 480 с). Диаметр отверстия в днище 3,5 мм, рабочее давление в аппарате 0,25 МПа, температура жидкости 20°C, высота столба жидкости в аппарате 2 м, коэффициент расхода принять равным 0,7.

6. Определить количество выходящего наружу пропилового спирта при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 600 с). Диаметр отверстия в днище 4 мм, рабочее давление в аппарате 0,15 МПа, температура жидкости 40°C, высота столба жидкости в аппарате 4 м, коэффициент расхода принять равным 0,85.

7. Определить количество выходящей наружу уксусной кислоты при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 1300 с). Диаметр отверстия в днище 6 мм, рабочее давление в аппарате 0,3 МПа, температура жидкости 20°C, высота столба жидкости в аппарате 5 м, коэффициент расхода принять равным 0,8.

8. Определить количество выходящего наружу толуола при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 500 с). Диаметр отверстия в днище 7,5 мм, рабочее давление в аппарате 0,35 МПа, температура жидкости 10°C, высота столба жидкости в аппарате 5 м, коэффициент расхода принять равным 0,75.

9. Определить количество выходящего наружу ацетона при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 700 с). Диаметр отверстия в днище 4 мм, рабочее давление в аппарате 0,2 МПа, температура жидкости 40°C, высота столба жидкости в аппарате 2 м, коэффициент расхода принять равным 0,55.

10. Определить количество выходящего наружу метилового спирта при локальном повреждении днища аппарата (авария локализована через 500 с). Диаметр отверстия в днище 5 мм, рабочее давление в аппарате 0,1 МПа, температура жидкости 20°C, высота столба жидкости в аппарате 2 м, коэффициент расхода принять равным 0,75.

6. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри технологического оборудования

6.1. Общие сведения

Условия образования горючих (взрывоопасных) концентраций внутри производственных аппаратов зависят от пожаровзрывоопасных свойств и агрегатного состояния веществ, образующихся в технологическом процессе, конструктивных особенностей и режимов работы оборудования.

Внутри аппаратов с горючими газами или перегретыми парами взрывоопасные концентрации образуются в том случае, если в них попадает воздух или по условиям ведения технологического процесса подаётся окислитель (кислород, воздух, хлор и др.) при выполнении соотношения

$$\varphi_n < \varphi_p < \varphi_v, \quad (6.1)$$

где φ_p – действительная (рабочая) концентрация горючего вещества, об. доли;

φ_n – нижний концентрационный предел распространения пламени при рабочей температуре (это объёмная (массовая) доля горючего в смеси с окислительной средой, ниже которой смесь становится не способной к распространённому пламени), об. доли (% об. или кг/м³);

φ_v – верхний концентрационный предел распространения пламени (объёмная (массовая) доля горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится не способной к распространению пламени, об. доли (% об. или кг/м³).

Значение φ_n и φ_v , приведённые к 25°C, даны в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Значения нижнего и верхнего концентрационных пределов, об. доли

| Вещества | Концентрационный предел, объёмные доли | |
|-------------------|--|---------|
| | нижний | верхний |
| Аммиак | 0,15 | 0,28 |
| Ацетилен | 0,025 | 0,81 |
| Ацетон | 0,027 | 0,13 |
| Водород | 0,0412 | 0,75 |
| Оксид углерода | 0,125 | 0,74 |
| Этилен | 0,027 | 0,34 |
| Дизельное топливо | 0,005 | 0,062 |

По табл. 6.1 находим область распространения пламени горючего вещества ($\varphi_n - \varphi_v$).

Определить значение величин φ_n и φ_v при температуре среды, отличной от 25°, можно по формулам

$$\varphi_n = \varphi_{n25} \left(1 - \frac{t_p - 25}{1250} \right), \quad (6.2)$$

$$\varphi_v = \varphi_{v25} \left(1 + \frac{t_p - 25}{1250} \right), \quad (6.3)$$

где t_p – температура среды.

Рабочую концентрацию горючего газа в смеси с окислителем можно определить:

$$\varphi_p = \frac{G_\Gamma}{G_\Gamma + G_{OK}}, \quad (6.4)$$

где G_Γ , G_{OK} – объёмные расходы горючего газа и окислителя, м³/с.

По условию 6.1 определить возможность образования взрывоопасной концентрации внутри производственного аппарата.

6.2. Задачи для самостоятельного решения

1. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: аммиак в объеме 450 м³/ч и окислитель (кислород) – 1200 м³/ч. Температура газозвушной смеси 400 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

2. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: ацетилен в объеме 200 м³/ч и окислитель (кислород) – 1000 м³/ч. Температура

газовоздушной смеси 140 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

3. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: ацетон в объеме 300 м³/ч и окислитель (кислород) – 5000 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 250 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

4. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: водород в объеме 80 м³/ч и окислитель (кислород) – 2200 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 350 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

5. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: оксид углерода в объеме 550 м³/ч и окислитель (кислород) – 4000 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 500 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

6. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: этилен в объеме 150 м³/ч и окислитель (кислород) – 1200 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 250 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

7. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: дизельное топливо в объеме 100 м³/ч и окислитель (кислород) – 1200 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 150 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

8. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: аммиак в объеме 120 м³/ч и окислитель (кислород) – 1000 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 300 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

9. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: ацетон в объеме 90 м³/ч и окислитель (кислород) – 3500 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 180 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

10. По условиям технологического процесса в смеситель поступают: водород в объеме 200 м³/ч и окислитель (кислород) – 2700 м³/ч. Температура газовоздушной смеси 400 °С. Дать заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри смесителя.

Библиографический список рекомендуемой литературы

1. Колотушкин, В.В. Промышленная экология: учеб.-метод. пособие/ В.В. Колотушкин, Э.В. Соловьева; ВГАСУ. - Воронеж, 2008. - 73 с.
2. Соловьева, Э.В. Экология: практикум к выполнению лабораторных и практических заданий / Э.В. Соловьева, В.В. Колотушкин; ВГАСУ. - Воронеж, 2011. – 104 с.
3. Пожарная безопасность организаций нефтехимического комплекса: справочник. Ч.1; под ред. С.В. Собуря. – Москва: Пожарная книга, 2011. – 263 с.

Составители: Соловьева Эльвира Владимировна,
Переславцева Инна Игоревна

Подписано в печать . 2015. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. . Усл.-печ. л. .
Бумага писчая. Тираж 60 экз. Заказ №

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84