

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 14.11.2022 15:29:14

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



СВЕРЖДАЮ

Первый проректор

проректор по учебной работе

Е.А. Кудряшов

14 ноября 2013 г.

Расчет ожидаемой частоты возникновения пожаров при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ»

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических про-
цессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»,
«Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопас-
ности» для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 658

Составители: В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

Расчет ожидаемой частоты возникновения пожаров при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ» [Текст]: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 12 с.: Библиогр.: с. 12.

Представлена методика расчета ожидаемой частоты возникновения пожаров при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ» «резервуар вертикальный стальной - легковоспламеняющаяся жидкость».

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *18.01.15*. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд.л. 0,63. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Общие положения

Одним из основных параметров в анализе риска пожарной опасности для людей при эксплуатации взрывопожароопасной технологической системы является частота возникновения пожаров (N_n).

В настоящее время имеется большое число публикаций, в которых приводятся среднестатистические данные по частотам возникновения пожаров. В табл.1 приведены первые опубликованные статистические данные о пожарах резервуаров, обобщение которых выполнено в Академии ГПС МЧС России.

Таблица 1 Частота возникновения пожаров

Место возникновения пожара	Частота, 1/год
Объект переработки нефти:	
○ резервуар со стационарной крышей	$1,86 \cdot 10^{-4}$
○ резервуар с плавающей крышей	$1,29 \cdot 10^{-4}$
○ резервуар с понтоном	$4,53 \cdot 10^{-4}$
Объект энергетики:	
○ резервуар со стационарной крышей	$5,73 \cdot 10^{-4}$
Объект транспорта и распределения нефтепродуктов:	
○ резервуар со стационарной крышей	$1,09 \cdot 10^{-4}$
○ резервуар с понтоном	$1,95 \cdot 10^{-4}$

В Англии по результатам обобщения статистических данных о пожарах за 20 лет по массиву в 500 резервуаров установлена частота возникновения пожаров в резервуарных парках, равная $1,1 \cdot 10^{-4}$ 1/год. Анализируя данные о пожарах в США, можно оценить частоту возникновения пожара для резервуарных парков, порядка, $(0,3...1) \cdot 10^{-3}$ 1/год. Эти данные удачно коррелируются с отечественными данными, что указывает на идентичность пожарной опасности используемых технологий хранения нефти и нефтепродуктов.

Однако статистические данные не всегда учитывают реальные условия эксплуатации технологической системы и предусмотренные меры противопожарной защиты.

Здесь в настоящей работе в соответствии с положениями ГОСТа 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» и **РД**

34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» отработывается метод расчета ожидаемой частоты возникновения пожара при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ».

Методика расчета частоты пожара

Ожидаемую частоту возникновения пожаров $N_{П}$ рассматривают как случайное совпадение событий: уровня взрывоопасности технологической системы Z и частоты появления источника зажигания λ_3

$$N_{П} = Z \cdot \lambda_3 \quad (1)$$

Источники зажигания, приводящие к пожарам на взрывопожароопасных объектах, весьма разнообразны. Об этом свидетельствуют материалы пожаров в резервуарных парках.

Разряды атмосферного электричества. Ряд пожаров произошло на подземных железобетонных резервуарах (ЖБР) с нефтью в результате прорыва молниезащиты. Из них три случая зарегистрированы как групповые пожары. Отсутствие пожаров на ЖБР после ужесточения нормативных требований к молниезащите, т.е., вместо металлической сетки на крыше стали применять отдельно стоящие молниеотводы, указывает на эффективность принятых мер.

При устройстве молниеприемников, установленных непосредственно на резервуаре, не исключена возможность при прохождении разряда атмосферного электричества местного перегрева и последующего поджига взрывоопасной паровоздушной смеси в узле соединения молниеприемника с корпусом резервуара. Об этом, в частности, свидетельствует крупный пожар РВС-20000 с нефтью от разряда атмосферного электричества, который произошел на нефтеперекачивающей станции «Каркатеевы» Тюменской области. Быстрая потеря живучести, что характерно для резервуара со сферической крышей, привела к частичному разрушению, выходу горячей нефти в каре обвалования и быстрому распространению пожара на всю группу, состоящую из четырех РВС-20000.

Фрикционные искры и разряды статического электричества. Источник зажигания, возникающий при ручном замере уровня или отборе пробы, довольно трудно идентифицировать: разряд статического электричества или фрикционная искра. Но, данные пожары, как правило, сопровождаются гибелью или травмированием людей, выполняющих работу на крыше резервуара. На характерных примерах целесообразно остановиться. На НПЗ в Нижнем Новгороде при руч-

ном отборе проб взорвался резервуар РВС-5000 с бензином. В результате сброса с крыши погиб 1 человек и получили травмы 2 человека. На одном из Уфимских НПЗ при ручном отборе проб взорвался резервуар РВС-1000 с толуолом. В результате сброса с крыши при взрыве погиб 1 человек. На Кожевенской нефтебазе при замере уровня нефтепродукта произошел взрыв резервуара РВС-5000 с бензином. При взрыве погиб 1 человек.

Самовозгорание пирофорных отложений. За период 20 лет от самовозгорания сульфидов железа зарегистрировано 19 пожаров. Характерным примером является пожар в резервуарном парке Салаватского нефтехимического комбината произошел пожар. Сырьевой резервуарный парк состоит из 9-ти резервуаров емкостью по 2000 м³, предназначен для приема и хранения керосино-газойлевой фракции сырья для установок гидроочистки. Как установлено расследованием, в резервуар, в котором произошел взрыв и пожар, в течение 44 суток хранился неочищенный от сероводорода бензин в смеси с керосино-газойлевой фракцией. По заключению комиссии это способствовало образованию пирофорных отложений на стенках и крыше резервуара, самовозгорание которых явилось причиной взрыва и пожара.

Открытое пламя и искры. Материалы пожаров свидетельствуют, что источники иницирования взрывоопасной смеси, составляющие группу «открытый огонь», весьма разнообразны по природе своего проявления.

Например, пожары происшедшие на нефтебазах, возникли от попадания на крышу резервуаров искр из труб котельных, расположенных за территорией нефтебаз. Так же от искр, но уже перелетевших с пожара склада пиломатериалов, расположенных по соседству с нефтебазой, например, взорвался РВС-1000 с бензином на Чуринской районной нефтебазе в Иркутской области.

Пожар, происшедший в резервуарном парке районной нефтебазы Ставропольского края, возник в результате перелета горящих металлических бочек и канистр с соседнего склада ядохимикатов, расположенного в 120 метрах от нефтебазы.

Источником иницирования ряда пожаров являлось короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от резервуарных парков. Интерес представляет случай распространения пожара, происшедший на Камской нефтебазе. Во время грозы, порывом сильного ветра были сорваны высоковольтные провода ЛЭП, которые упали на деревянное

ограждение нефтебазы и воспламенили его. С ограждения огонь по сухой траве и замасоченному грунту перекинулся на мазутопровод и далее по теплоизоляции достиг резервуара.

Причинами пожаров могут послужить и преступные действия людей. Например, умышленный поджог резервуара с бензином с целью сокрытия следов хищения, произошел на Куйбышевской наливной станции. Злоумышленником заранее была нарушена герметичность запорной арматуры на резервуаре. Вытекающий бензин попал из технологического колодца в протекающий за территорией парка ручей и распространялся вниз по ручью до деревни, находящейся в 500 м от нефтебазы, где и был совершен поджог бензиновой пленки.

Расчет частоты появления источника зажигания

Частоту появления источника зажигания можно определить по следующей формуле

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \text{ 1/год} \quad (2)$$

где λ_i - частота появления i -го источника зажигания.

Разряд атмосферного электричества в анализируемом объекте возможен:

- о при поражении объекта молнией (прямой удар молнии) - непосредственный контакт канала молнии с зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии;

- о при вторичном проявлении молнии - наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта;

- о при заносе высокого потенциала - перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным, наземным и надземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри защищаемого объекта.

В настоящей работе расчет проводится только для события - разряд атмосферного электричества от поражения объекта молнией.

Поражение резервуара молнией возможно при совместной реализации двух событий - прямого удара молнии в расчетную площадь поражения (событие t_1) и прорыва молниезащиты прямым ударом молнии (событие t_2).

Вероятность поражения резервуара молнией вычисляют по формуле

$$Q = Q(t_1) \cdot Q(t_2), \quad (3)$$

где $Q(t_1)$ - вероятность попадания прямого удара молнии в расчетную площадь поражения;

$Q(t_2)$ - вероятность прорыва молниезащиты прямым ударом молнии.

Вероятность попадания прямого удара молнии в расчетную площадь поражения вычисляют по формуле

$$Q(t_1) = 1 - \exp(-N_{ум} \tau_p), \quad (4)$$

где $N_{ум}$ - число прямых ударов молнии в расчетную площадь поражения, за год;

τ_p - продолжительность периода наблюдения, год.

Ожидаемое число прямых ударов молнии в расчетную площадь поражения определяют по формуле

$$N_{ум} = S_n n_{ум} 10^{-6}, \quad (5)$$

где S_n - расчетная площадь поражения, m^2 ;

$n_{ум}$ - удельная плотность ударов молнии на 1 км^2 земной поверхности, $1/(km^2 \text{ год})$.

Расчетную площадь поражения определяют исходя из геометрии защищаемой зоны. Для резервуарной группы, состоящей из нескольких резервуаров (рис.3.2), расчетную площадь поражения определяют по формуле

$$S_n = (l_{ep} + 6 h_p) (b_{ep} + 6 h_p) - 7,7 h_p^2, \quad (6)$$

где l_{ep} и b_{ep} - соответственно длина и ширина, в размеры которой может быть вписана резервуарная группа, м;

h_p - наибольшая высота резервуара, м.

Для произвольного пункта на территории России удельная плотность ударов молнии на 1 км^2 земной поверхности определяется по табл. 2, исходя среднегодовой продолжительности гроз в часах.

Таблица 2

Продолжительность грозовой деятельности за год, ч	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100 и более
Удельная плотность ударов молнии в землю, $1/km^2 \text{ год}$	1	2	4	5,5	7	8,5

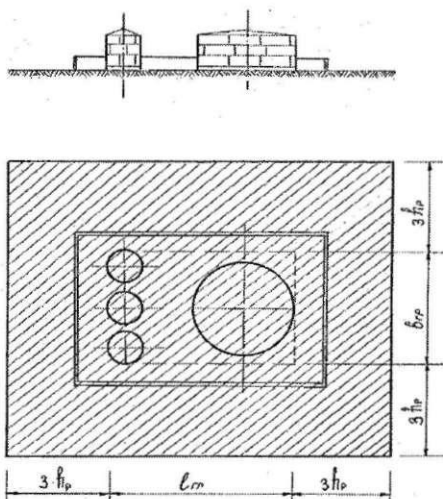


Рис. 1. Расчетная площадь поражения

Среднегодовую продолжительность гроз определяют по карте, приведенной на рис. 2.

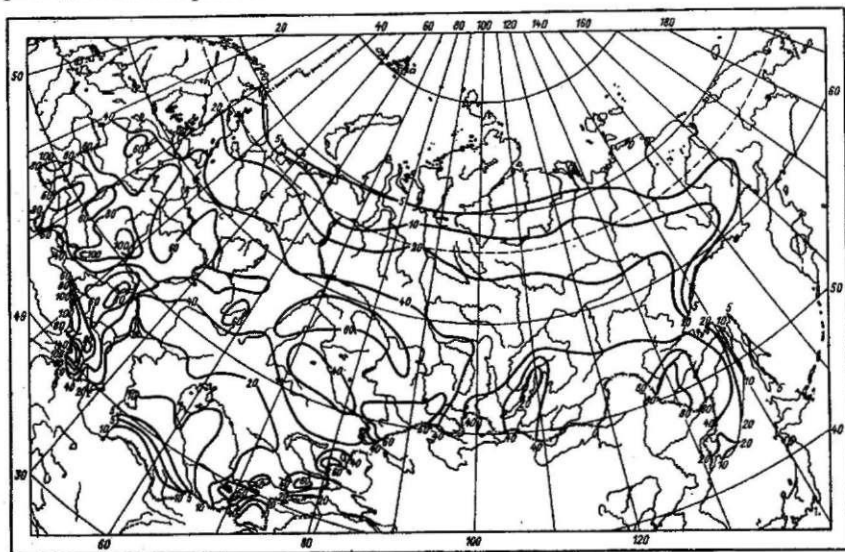


Рис. 2. Среднегодовая продолжительность гроз, час.

Вероятность прорыва молниезащиты прямым ударом молнии вычисляют по формуле

$$Q(t_2) = 1 - \beta \quad (7)$$

где β – надежность защитного действия молниезащиты.

Зона защиты типа А обладает надежностью 0,995 и выше, типа Б - 0,95 и выше.

При малой вероятности реализации событий, частота событий принимается равной вероятности события (Закон Пуассона).

$$\lambda_{з-м} = Q \quad (8)$$

В табл. 3 приведены статистические данные о частоте появления источников зажигания в резервуарных парках, обобщение которых выполнено в Академии ГПС МЧС России.

Таблица 3 Статистические данные о частоте появления источников зажигания в резервуарных парках

№ п/п	Наименование источника зажигания	Частота, 1/год
1	Разряд атмосферного электричества	Расчет
2	Статическое электричество	$1,7 \cdot 10^{-4}$
3	Фрикционные искры	$1,7 \cdot 10^{-4}$
4	Неисправность электрооборудования	$1,6 \cdot 10^{-4}$
5	Самовозгорание пирофорных отложений	$1,4 \cdot 10^{-4}$
6	Открытое пламя и искры	$2,1 \cdot 10^{-4}$

Меры пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости технологической системы к воздействию источников зажигания

1. Ужесточение требований к молниезащите резервуаров.
2. Для защиты от статического электричества – применение технических решений, обеспечивающих нейтрализацию разрядов статического электричества.
3. Создание условий, обеспечивающих предотвращение образования пирофорных отложений.
4. Выполнение организационных требований пожарной безопасности, обеспечивающих предотвращение появления источников зажигания.

Порядок выполнения работы

1. По материалам изучения происшедших пожаров в резервуарных парках установить характерные источники зажигания для анализируемого объекта. Результаты идентификации занести в табл. 4.

Таблица 4 Частота появления источников зажигания

№ п/п	Наименование источника зажигания	Частота, 1/год
1		
2		
3		

3. Используя данные табл. 3, привести статистические данные о частоте появления идентифицированных источников зажигания в резервуарных парках.

4. Расчет частоты появления источника от разряда атмосферного электричества производят по следующему алгоритму:

○ по карте (см. рис. 2) для региона расположения терминала химических продуктов определяют среднегодовую продолжительность гроз в часах;

○ по табл. 2 - удельную плотность ударов молнии на 1 км² земной поверхности в течение года;

○ расчетная площадь поражения (формула (6));

○ ожидаемое число прямых ударов молнии в расчетную площадь поражения (формула (5));

○ вероятность прямого удара молнии в расчетную площадь поражения (формула (4));

○ вероятность прорыва прямого удара молнии молниезащиты (формула (7));

○ вероятность поражения молнией резервуара (формула (3));

○ при малой вероятности реализации событий, частота событий принимается равной вероятности события (формула (8)).

5. Суммарная частота появления источника зажигания (формула (2)).

6. Ожидаемая частота возникновения пожаров (формула (1)).

Исходные данные

Число резервуаров в группе – 1. Тип резервуара – РВС – 20000. Геометрические размеры РВС: R_p , м h_p , м. Тип зоны молниезащиты – Б. Надежность защитного действия молниезащиты, $\beta = 0,95$. Уровень взрывоопасности технологической системы, $Z = 0,1$. Для региона расположения резервуара среднегодовая продолжительность гроз составляет N часов в год. Сведения о других источниках зажигания, которые могут также послужить причиной пожара на данном объекте, приведены в табл.

№ п/п	Наименование источника зажигания	Частота, 1/год
1	Статическое электричество	$1,7 \cdot 10^{-4}$
2	Фрикционные искры	$1,7 \cdot 10^{-4}$
3	Неисправность электрооборудования	$1,6 \cdot 10^{-4}$

№вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_p	22,81	21,54	22,85	22,34	23,2	24,12	21,68	21,2	21,5	22,12
h_p	11,9	11,4	11,5	11,6	11,8	12,1	11,8	11,2	11	12
N	70	60	80	40	50	80	90	70	100	50

№вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R_p	22,18	21,45	22,58	22,43	23,25	24,21	21,86	21,29	21,55	22,52
h_p	11,4	11,5	11,6	11,8	11,7	12,2	11,5	11,7	11,1	12,2
N	70	60	80	40	50	80	90	70	100	50

Контрольные вопросы

1. Укажите, какой из основных параметров пожарной опасности используется в анализе риска пожарной опасности для людей при эксплуатации взрывопожароопасной технологической системы?

2. Укажите примерное значение статистических данных частоты возникновения пожаров в резервуарных парках.

3. Укажите характерные источники зажигания, которые могли бы послужить источником пожара резервуара.

4. Укажите нормативный документ, который используется при определении продолжительности грозовой деятельности.

5. Укажите нормативный документ, в котором изложен метод расчета частоты источника зажигания от разряда атмосферного электричества.

Список рекомендуемой литературы

1. Пожарная безопасность. Общие требования (ГОСТ 12.1.004-91)

2. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (ГОСТ Р 12.3. 047-98)

3. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03)

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ГОСТ 12.1.044-89)

5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122-87)

6. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков. М. 2009.156с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



**Расчет параметров, характеризующих пожарную опасность
распространения пожара на РВС с ЛВЖ,
расположенного рядом с горящим РВС**

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических про-
цессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»,
«Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопас-
ности» для студентов всех специальностей и направлений

УДК 658

Составители: В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

Расчет параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенного рядом с горящим РВС [Текст]: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 16 с.: Библиогр.: с. 16.

Представлена методика расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенного рядом с горящим РВС.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать ~~18.01.08~~ Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,84. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Общие положения

Одним из опасных факторов пожара горящего резервуара для рядом расположенного резервуара является тепловое излучение от факела пламени. Оценка устойчивости технологической системы «РВС-ЛВЖ», расположенной рядом с горящим резервуаром, к теплу пожара является одним из приоритетных вопросов в нормировании противопожарной защиты и базируется на решении двух задач:

- внешней, связанной с изучением закономерностей распределения тепловых нагрузок при открытых пожарах углеводородов;
- внутренней, связанной, с изучением процессов тепло - и массообмена, происходящих в резервуаре с ЛВЖ, обогреваемого теплом пожара.

Основные исследования в России, связанные с оценкой устойчивости технологической системы «РВС-ЛВЖ», к теплу пожара, расположенного рядом с горящим резервуаром, выполнены в Академии ГПС МЧС России.

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

Резервуары с ЛВЖ и ГЖ, расположенные рядом с горящим резервуаром иногда взрываются, а иногда в течение всего пожара остаются невредимыми. В отдельных случаях наблюдается факельное горение в местах выхода паров из резервуара или происходит механическое разрушение резервуара из-за повышения давления вследствие интенсивного кипения ЛВЖ.

Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром, представлены на рис. 1.

Устойчивое состояние резервуара с ЛВЖ обеспечивается при выполнении следующих двух условий:

- текущая температура стенки t_w не достигает опасного значения, равного температуре самовоспламенения паров ЛВЖ $t_{св}$;
- рабочие напряжения σ_p , возникающие в элементах оболочки резервуара под действием избыточного давления паров внутри резервуара, не достигают предела прочности $\sigma_{ПЧ}$.

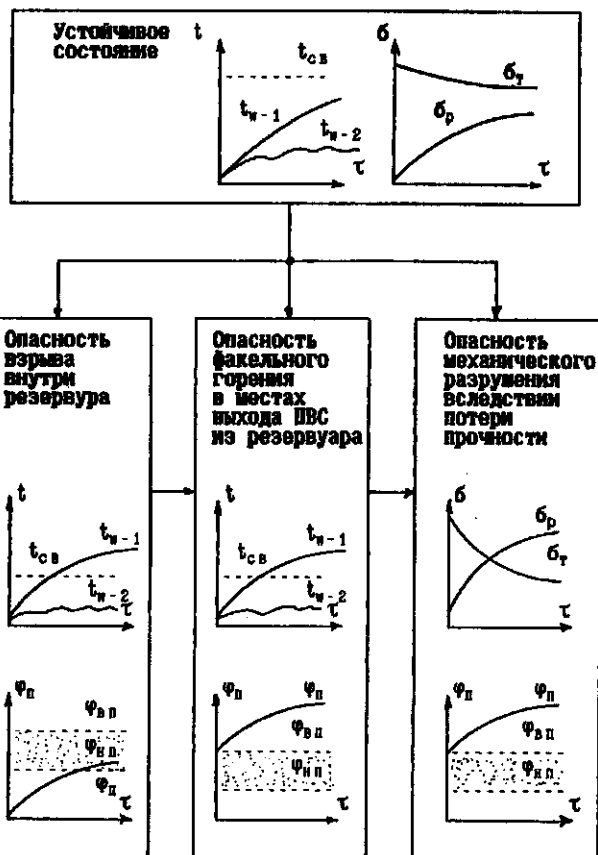


Рис. 1. Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Опасность взрыва внутри резервуара с ЛВЖ возникает при выполнении следующих двух условий:

- текущая температура стенки t_w достигает или превышает опасное значение, равное температуре самовоспламенения паров $t_{св}$;
- концентрация паров ЛВЖ φ_p внутри резервуара входит в область взрывоопасных значений;

Опасность факельного горения паров, выходящих из дыхательного клапана резервуара, характеризуется возможностью выполнения следующих двух условий:

- текущая температура стенки t_w достигает или превышает

опасное значение, равное температуре самовоспламенения паров $t_{св}$.

○ до и в процессе нагрева жидкости концентрация паров φ_p внутри резервуара превышает верхний концентрационный предел распространения пламени;

Опасность разрушения резервуара с ЛВЖ вследствие потери прочности характеризуется выполнением следующего условия: рабочие напряжения σ_p , возникающие в элементах оболочки резервуара под действием избыточного давления паров внутри резервуара вследствие интенсивного кипения ЛВЖ, превышают предел прочности $\sigma_{пч}$.

На основании проведенных в Академии ГПС МЧС России исследований по изучению пожарной опасности резервуара с нефтепродуктами и нефтью в условиях пожара разработан метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

Метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Расчетные положения справедливы для группы однотипных резервуаров в период начальной стадии пожара, т.е. до введения сил и средств на охлаждение резервуара.

Термические и геометрические параметры факела пожара

Максимальную среднеповерхностную плотность излучения, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, которую факел пламени горящей ЛВЖ имеет в штиль, можно определить по следующей формуле:

$$q_\phi = (335 + 7112 / d_p) m_{\text{выж}} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где d_p - диаметр горящего резервуара, м; $m_{\text{выж}}$ - массовая скорость выгорания ЛВЖ, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$.

В условиях штиля форму факела пламени рассматривают в виде качающегося цилиндра. Высоту факела пламени, м, определяют по формуле

$$h_\phi = 42d_p \left(\frac{m_{\text{выж}}}{\rho_e \sqrt{gd_p}} \right)^{0,61}, \quad (2)$$

где ρ_e - плотность воздуха, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$ (допускается принимать $1,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$); g - ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$.

В дальнейших расчетах в качестве излучающей поверхности принимают факел в виде плоскости с учетом фактора видимости.

Температура локального участка стенки резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром

Опасными конструктивными элементами резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром, которые могут быть нагреты до температуры самовоспламенения, и послужить источником зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси, являются:

- о участок стенки облучаемого резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени;

- о дыхательный или предохранительный клапан (из конструкции клапана следует установить, что при нагреве стенки клапана до температуры самовоспламенения пламя способно распространиться вовнутрь резервуара по горючей паровоздушной смеси);

- о пенокамера при наличии негерметичности между ее корпусом и внутренней полостью резервуара;

В качестве элемента конструкции принимаем участок стенки облучаемого пожаром резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени.

Плотность падающего теплового потока от факела горящего резервуара на элемент конструкции рядом расположенного резервуара

Плотность падающего теплового потока от факела горящего резервуара на элемент конструкции облучаемого резервуара, расположенной по нормали к основанию факела пожара, Вт·м⁻²

$$q_w = q_\phi \varphi_n \quad (3)$$

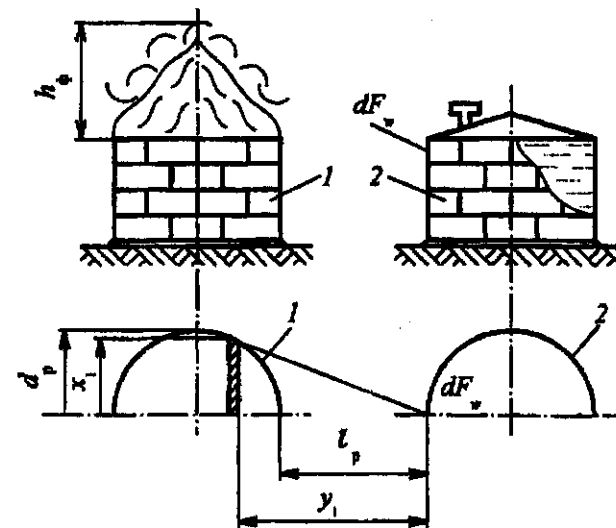
Коэффициент облученности φ_n для элементарной площадки соседнего резервуара, расположенного по нормали к основанию факела пламени, определяем на основании расчетной схемы, показанной на рис. 2, по формуле

$$\varphi_n = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right) \quad (4)$$

где

$$B_1 = x_1/2y_1; \quad (5)$$

$$C_1 = h_\phi/y_1. \quad (6)$$



1 – горящий РВС; 2 – соседний РВС; dF_w – элемент конструкции резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени; l_p – расстояние между резервуарами; y_1 – расчетное расстояние между пламенем и элементарной площадкой с учетом фактора видимости; x_1 – расчетная ширина пламени с учетом фактора видимости

Рис. 2. Расчетная схема к определению температуры элемента конструкции РВС, расположенного рядом с горящим РВС

Значения x_1 и y_1 (см. рис. 2) определяют по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{2d_p \sqrt{l_p(l_p + d_p)}}{d_p + 2l_p}; \quad (7)$$

$$y_1 = \sqrt{l_p(l_p + d_p) - (0,5x_1)^2}. \quad (8)$$

Возможность и продолжительность нагрева элемента конструкции резервуара до температуры самовоспламенения

Максимальная температура элемента конструкции резервуара

$$t_{w-\max} = \sqrt{4900 + 6,8q_w} - 70 + t_f, \quad (9)$$

где t_f – температура окружающей среды, °С.

Если выполняется условие

$$t_{w-\max} \geq 0,8t_{ce}, \quad (10)$$

то делают заключение о том, что элемент конструкции облучаемого резервуара может послужить источником зажигания, и определяют текущую температуру.

Коэффициент теплоотдачи, Вт·м⁻²·К⁻¹.

$$\alpha = \frac{0,95q_w}{2(t_{w-\max} - t_f)}. \quad (11)$$

Температура элемента конструкции через τ , с, облучения, °С,

$$t_w = \frac{0,95q_w}{2\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{1,28\alpha\tau}{c_w\rho_w\delta_w}\right) \right] + t_f, \quad (12)$$

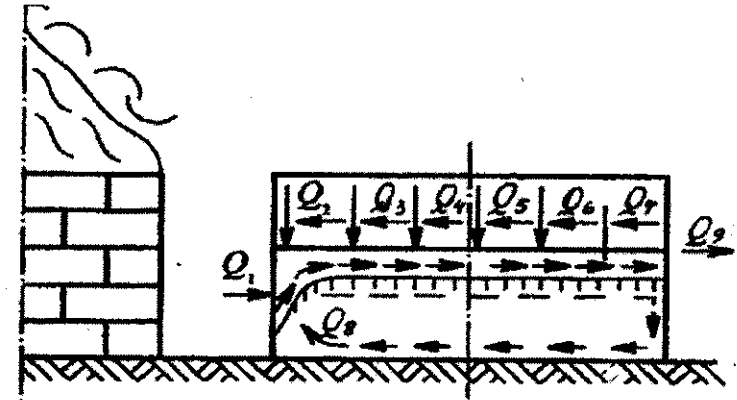
где c_w - теплоемкость материала конструкции, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (для стали, $c_w = 500$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹); ρ_w - плотность материала конструкции, кг·м⁻³ (для стали, $\rho_w = 7800$ кг·м⁻³); δ_w - толщина стенки резервуара, м.

Температура поверхностного слоя ЛВЖ в РВС, расположенном рядом с горящим РВС

В основу формирования нагретого поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром положена следующая модель.

Тепловой поток от факела пламени приводит к интенсивному нагреву боковой поверхности соседнего резервуара, расположенного рядом с горящим. В пристенном пограничном слое появляются подъемные силы (рис. 3), которые заставляют слой более нагретой ЛВЖ подниматься вдоль корпуса резервуара и растекаться по поверхности основной массы ЛВЖ. Это существенно влияет на температуру поверхностного слоя ЛВЖ.

Одновременно к этому всплывшему слою ЛВЖ передается тепло от стенок, ограничивающих газовое пространство резервуара, от крыши и парового пространства. В процессе теплообмена поверхностный слой ЛВЖ отдает часть тепла на испарение жидкости, а также нижележащим слоям путем теплопроводности. Часть тепла в этом сложном теплообмене отдается в окружающий воздух, а также основной массе ЛВЖ путем частичного смешивания при всплывании.



Q_1 - количество тепла, получаемого поверхностным слоем от теплообмена с облучаемой стенкой, которая контактирует с ЛВЖ; Q_2 - количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство резервуара; Q_3 - количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей резервуара; Q_4 - количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с паровоздушной средой газового пространства резервуара; Q_5 - количество тепла, затрачиваемого на изменение внутренней энергии (повышение температуры) поверхностного слоя ЛВЖ; Q_6 - количество тепла, теряемого на испарение ЛВЖ; Q_7 - количество тепла, передаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ к нижележащим слоям ЛВЖ посредством теплопроводности; Q_8 - количество тепла, отдаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ основной массе ЛВЖ путем частичного смешивания; Q_9 - количество тепла, отдаваемого от поверхности слоя ЛВЖ в окружающий воздух

Рис. 3. Схема гидродинамических и тепловых потоков, формирующих нагретый поверхностный слой

Количество тепла, подводимого к поверхностному слою ЛВЖ

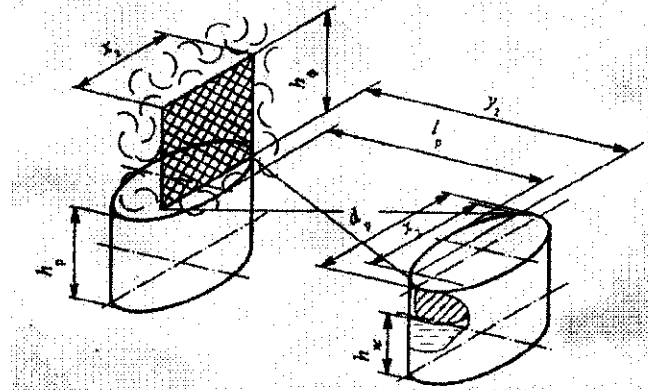
1) Количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ пограничным всплывающим тепловым слоем ЛВЖ от теплообмена с облучаемой стенкой, которая контактирует с ЛВЖ, определяют в следующей последовательности:

○ коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, контактирующей с ЛВЖ (рис. 4):

$$\varphi_p = \varphi_n \exp\left[6,88\left(0,5h_{xc}/h_p - 1\right) \exp(-2,44y_2/x_2)\right]; \quad (13)$$

○ вспомогательные величины, необходимые для расчета коэффициента облученности, определяют по формулам

$$\circ x_2 = \frac{d_p \sqrt{l_p(l_p + 2d_p)}}{l_p + d_p}; \quad (14)$$



h_p - высота РВС; $h_{ж}$ - уровень взлива ЛВЖ; d_p - диаметр РВС; l_p - расстояние между РВС; $h_{ф}$ - высота факела; y_2 - расчетное расстояние между пламенем и облучаемой площадкой с учетом фактора видимости; x_2 - расчетная ширина с учетом фактора видимости

Рис. 4. Расчетная схема

$$y_2 = \frac{l_p(l_p + 2d_p)}{l_p + d_p}; \quad (15)$$

○ площадь облучаемой стенки резервуара, m^2 , ограничивающей жидкость,

$$f_1 = x_2 h_{ж}; \quad (16)$$

○ количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем, в единицу времени, Вт

$$Q_1 = 0,86 q_{ф} \varphi_1 f_1. \quad (17)$$

2) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство, определяют в следующей последовательности:

○ коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, ограничивающей газовое пространство резервуара (см. рис. 4),

$$\varphi_2 = \varphi_n \exp\left[3,44\left(\frac{h_{ж}}{h_p} - 1\right) \exp(-2,44 y_2/x_2)\right]; \quad (18)$$

○ площадь облучаемой стенки резервуара, m^2 , ограничивающей газовое пространство,

$$f_2 = x_2 (h_p - h_{ж}); \quad (19)$$

○ количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, в единицу времени, Вт

$$Q_2 = 0,47 q_{ф} \varphi_2 f_2. \quad (20)$$

3) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с крышей облучаемого резервуара, в единицу времени определяют в следующей последовательности:

○ коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой крыши резервуара (см. рис. 4)

$$\varphi_3 = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{1}{\sqrt{1+B_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \arcsin \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \right); \quad (21)$$

○ вспомогательные величины B_2 и C_2 рассчитывают по формулам

$$B_2 = \frac{y_2 + d_p + l_p}{x_2}; \quad (22)$$

$$C_2 = \frac{2h_{ф}}{x_2}; \quad (23)$$

○ площадь крыши резервуара принимают равной площади поверхности зеркала испарения ЛВЖ, m^2 ,

$$f_3 = f_{ж} = \frac{\pi d_p^2}{4}; \quad (24)$$

○ количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара, в единицу времени, Вт

$$Q_3 = 0,28 q_{ф} \varphi_3 f_3. \quad (25)$$

Температура поверхностного слоя ЛВЖ

Температуру поверхностного слоя ЛВЖ, $^{\circ}C$, через τ , с, облучения определяют по формуле

$$t_{п.сл} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\alpha_{пр} f_3} \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha_{пр} \tau}{c_{п} \rho_{п} (h_p - h_{ж}) + c_{ж} \rho_{ж} \delta_{ж}}\right) \right] + t_{ж}, \quad (26)$$

где $c_{п}$ - теплоемкость паровоздушной смеси, $Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{п} = 1010 \text{ Дж} \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$; $\rho_{п}$ - плотность паровоздушной смеси, $кг \cdot м^{-3}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $\rho_{п} = 1,21 \text{ кг} \cdot м^{-3}$; $c_{ж}$ - теплоемкость ЛВЖ, $Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{ж} = 2000 \text{ Дж} \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$; $\rho_{ж}$ - плотность ЛВЖ, $кг \cdot м^{-3}$; $t_{ж}$ - температура основной массы ЛВЖ в резервуаре, $^{\circ}C$; h_p - высота резервуара, м; $h_{ж}$ - уровень взлива ЛВЖ в резервуаре, м.

По результатам экспериментальных исследований, выполненных в Академии ГПС МЧС России, среднее значение приведенного коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{пр}}$ составило $33,6 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$, а характерная толщина теплового поверхностного слоя $\delta_{\text{ж}} = 0,053 \text{ м}$.

Способы и приемы противопожарной защиты резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром

1. Применение систем водяного орошения резервуаров.
2. Увеличение расстояний между резервуарами.
3. Создание условий для быстрой локализации и ликвидации пожара.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром, по следующему алгоритму:

1.1. Термические и геометрические параметры факела пожара:

- максимальная среднеповерхностная плотность излучения (формула (2));
- высота факела пламени (формула (3)).

1.2. Температура локального участка стенки резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром:

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 2.

I – этап расчета. Падающий тепловой поток определяют на основании расчетной схемы по следующему алгоритму:

- вспомогательные величины: x_i ; y_i ; B_i ; C_i (ф-лы (7; 8; 5,6));
- коэффициент облученности (формула (4));
- плотность падающего теплового потока (формула (3)).

II – этап расчета. Возможность и продолжительность нагрева элемента конструкции до температуры самовоспламенения

- (формула (9)) - максимальная температура элемента конструкции резервуара.

Примечание. На этом этапе расчета могут быть два варианта продолжения расчета. 1) Если не выполняется условие (10), то расчет прекращают и делают заключение, руководствуясь, рис. 1 и комментариями к нему.

2) Если выполняется условие (10), то расчет продолжают.

- коэффициент теплоотдачи (формула (11));
- температура элемента конструкции через τ , с, облучения (формула (12)).
- результаты расчетов заносят в табл. 1.

Таблица 1 Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Температура, °С,	Продолжительность теплового воздействия, мин						
	0	1	3	5	10	15	20
элемента конструкции РВС							
поверхностного слоя ЛВЖ							

1.3. Температура поверхностного слоя ЛВЖ в РВС, расположенном рядом с горящим резервуаром

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 4.

I – этап расчета. Количество тепла, подводимого к поверхностному слою ЛВЖ определяют на основании расчетной схемы по следующему алгоритму:

1) Количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ пограничным всплывающим тепловым слоем от теплообмена с облучаемой стенкой, которая контактирует с ЛВЖ, определяют в следующей последовательности:

- вспомогательные величины: x_2 ; y_2 (формулы (14; 15));
- коэффициент облученности (формула (13));
- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей ЛВЖ (формула (16));

○ количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем (формула (17)).

2) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство, определяют в следующей последовательности:

- коэффициент облученности (формула (18));
- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей газовое пространство (формула (19));

○ количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой (формула (20)).

3) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с крышей облучаемого резервуара, определяют в следующей последовательности:

- вспомогательные величины B_2 и C_2 (формулы (22; 23));
- коэффициент облученности (формула (21));
- площадь крыши резервуара (формула (24));

○ количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара (формула (25)).

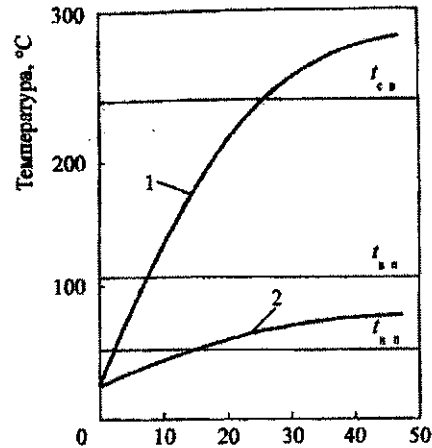
II – этап расчета. Температура поверхностного слоя ЛВЖ.

○ температура поверхностного слоя ЛВЖ через τ , с, облучения (формула (26));

○ результаты последующих расчетов заносят в табл. 1.

2. Построить график: «Изменение параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром».

По оси абсцисс (рис. 5) откладывают шкалу «Продолжительность теплового воздействия, мин», а по оси ординат - шкалу «Температура, °С». На график наносят справочные значения $t_{св}$, $t_{нп}$ и $t_{вп}$.



1 – температура элемента стенки; 2 – температура поверхностного слоя жидкости

Рис. 5. Пример рисунка «Изменение параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром»

По данным табл. 1 строят кривые, описывающие изменения температуры опасного элемента конструкции или оборудования резервуара, а также температуры поверхностного слоя ЛВЖ.

3. Обсуждение результатов расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром» производят по результа-

там пересечения кривых со значениями показателей пожарной опасности ЛВЖ:

• продолжительность нахождения резервуара в устойчивом состоянии, которое характеризуется выполнением следующего неравенства

$$t_w \leq 0,8 t_{св}.$$

• опасность взрыва может наступить после τ , мин, облучения, если будут выполняться условия

$$t_{нп} \leq t_{п.сл} \leq t_{вп}; \quad t_w \geq 0,8 t_{св};$$

• возможность факельного горения в местах выхода паров из резервуара после τ , мин, и облучения, которая характеризуется выполнением следующих неравенств:

$$t_{п.сл} > t_{вп}; \quad t_w > 0,8 t_{св}.$$

Исходные данные

Сведения о горящем резервуаре РВС-300:

- диаметр, $d_p = 7,6$ м; высота, $h_p = 6,0$ м;
- наименование ЛВЖ – Октан;
- массовая скорость выгорания, $m_{выг} = 7,89 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Сведения о резервуаре РВС-300, расположенном рядом с горящим резервуаром:

- диаметр, $d_p = 7,6$ м; высота, $h_p = 6,0$ м;
- толщина стенки верхнего пояса резервуара, $\delta_w = 0,003$ м;
- расстояние между резервуарами, $l_p = 2,0$ м;
- наименование ЛВЖ – Октан;
- плотность ЛВЖ, $\rho_{жс} = 702,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;
- уровень взлива ЛВЖ в резервуаре, $h_{жс} = 4,0$ м;
- температура окружающей среды, $t_f = 24$ °С;
- температура основной массы ЛВЖ, $t_{жс} = 24$ °С;
- температура самовоспламенения, $t_{св} = 215$ °С.

№ варианта	Продолжительность теплового воздействия, мин	№ варианта	Продолжительность теплового воздействия, мин
1	1	11	11
2	2	12	12
3	3	13	13
4	4	14	14
5	5	15	15
6	6	16	16

7	7	17	17
8	8	18	18
9	9	19	19
10	10	20	20

По результатам расчетов всех студентов группы заполнить таблицу 1.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры, характеризуют пожарную опасность распространения пожара на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром?
2. Укажите условия, характеризующие устойчивое состояние технологической системы «РВС - ЛВЖ» к воздействию возмущающих факторов пожара.
3. Укажите условия, характеризующие возможность факельного горения паров, выходящих из дыхательного клапана резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром.
4. Укажите условия, характеризующие возможность взрыва внутри резервуара с ЛВЖ, расположенного рядом с горящим резервуаром.
5. Укажите конструктивные элементы резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром, которые могут быть нагреты до температуры самовоспламенения, и послужить источником зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси.
6. Какие гидродинамические и тепловые потоки положены в основу формирования нагретого поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром?

Список рекомендуемой литературы

1. Пожарная безопасность. Общие требования (ГОСТ 12.1.004-91)
2. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (ГОСТ Р 12.3. 047-98)
3. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03)
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ГОСТ 12.1.044-89)
5. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков. М. 2009.156с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ



Первый проректор
проректор по учебной работе
Е.А. Кудряшов
2013 г.

**Расчет тепловых нагрузок
при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ**

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических про-
цессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»,
«Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопас-
ности» для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 658

Составители: В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин***Расчет тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ**

[Текст]: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 8 с.: Библиогр.: с. 8.

Представлена методика расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 18.01.13. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 0,47. Уч.-изд.л. 0,42. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Общие положения

При оценке пожарной опасности необходимо расчетным путем определить интенсивность теплового излучения (синонимы: плотность падающего теплового потока, тепловая нагрузка) от факела горящего пролива для сопоставления с критическими (предельно допустимыми) значениями интенсивности теплового потока для человека и конструкционных материалов. Предельно допустимые значения приведены в табл. 1.

Таблица 1 Предельно допустимая интенсивность теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20 - 30 с. Ожог 1-й степени через 15 - 20 с. Ожог 2-й степени через 30 - 40 с. Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин.	7,0
Непереносимая боль через 3 - 5 с. Ожог 1-й степени через 6 - 8 с. Ожог 2-й степени через 12 - 16 с	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9

В результате обобщения большого массива экспериментальных данных по теплоизлучению при пожарах получены следующие оценочные значения опасной плотности падающего теплового излучения для резервуаров:

- распространение пожара почти не возможно – 8 кВт м⁻²;
- распространение пожара маловероятно при достаточном охлаждении - 12 кВт м⁻²;

о распространение пожара возможно, даже если находящиеся в опасности резервуары охлаждаются - 36 кВт м⁻².

При непосредственном обмыивании пламенем резервуара тепловые нагрузки составляют порядка 60...80 кВт м⁻² и такой пожар практически удержать невозможно.

Метод расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ

Тепловую нагрузку при пожарах проливов в произвольной точке на открытой площадке (синонимы: плотность падающего теплового излучения, интенсивность теплового излучения) q , кВт/м², рассчитывают по формуле

$$q = E_f F_q \tau, \quad (1)$$

где E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м² (табл. 2); F_q - угловой коэффициент облученности; τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Таблица 2 Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени

Топливо	E_f , кВт/м ² , при d ,					m , кг/(м ² с)
	10	20	30	40	50	
СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание: Для диаметров (d) очага менее 10 м или более 50 м следует принимать E_f такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно. m - удельная массовая скорость выгорания, кг/(м² с)

При отсутствии данных допускается E_f принимать равной 100 кВт/м² для СУГ, 40 кВт/м² для нефтепродуктов.

Рассчитывают приведенный диаметр пролива d , м, по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 F_{жс}}{\pi}}, \quad (2)$$

где $F_{жс}$ - площадь пролива, м².

Рассчитывают высоту пламени H , м, по формуле

$$H = 42 d \left(\frac{m}{\rho_s \sqrt{g d}} \right)^{0,61}, \quad (3)$$

где m - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м²·с);

ρ_s - плотность окружающего воздуха, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Определяют угловой коэффициент облученности F_q по формулам:

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2}, \quad (4)$$

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S_1} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S_1^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S_1} \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S-1}{S_1+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1-1)}{(A-1)(S_1+1)}} \right) \right\} \right], \quad (5)$$

$$A = (h^2 + S_1^2 + 1) / 2 S_1, \quad (6)$$

$$S_1 = 2r/d \quad (7)$$

r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта,

$$h = 2H/d; \quad (8)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B-1)/S_1}{\sqrt{B^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S_1-1)}{(B-1)(S_1+1)}} \right) - \frac{(A-1)/S_1}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1-1)}{(A-1)(S_1+1)}} \right) \right], \quad (9)$$

$$B = (1 + S^2) / (2S). \quad (10)$$

Определяют коэффициент пропускания атмосферы по формуле

$$\tau = \exp [-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5d)]. \quad (11)$$

Продолжительность теплового воздействия пожара, с

$$\tau = \delta_{жс} \rho_{жс} / m, \quad (12)$$

где $\delta_{жс}$ - толщина слоя разлившейся жидкости, м; $\rho_{жс}$ - плотность жидкости, кг·м⁻³; m - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг·м⁻²·с⁻¹.

Категорирование наружных установок по пожарной опасности

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_n , G_n и D_n . В основу принадлежности наружной установки к категории B_n положена интенсивность теплового излучения от очага пожара.

Допускается классифицировать наружную установку, как категорию B_n :

○ если интенсивностью теплового излучения от очага пожара на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт м^{-2} ;

○ наружная установка по признакам пожарной опасности не относится к категории A_n или B_n .

Способы и приемы снижения пожарной опасности

1. Применение систем обнаружения пожара и оповещения об обнаружении пожара.

2. Установка теплозащитных экранов, водяной завесы.

3. Здания, в которых расположены помещения управления (операторные), а также административные и другие непромышленные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны быть устойчивыми к воздействию тепловых нагрузок пожара и обеспечивать безопасность находящегося в них персонала.

Порядок выполнения работы

Расчет тепловых нагрузок от пожара пролива проводят по следующему алгоритму:

- приведенный диаметр пролива ЛВЖ, м (формула (2));
- высота пламени, м (формула (3));
- вспомогательные величины, h ; S , A , B для расчета коэффициента облученности (формулы (8; 7; 6; 10));
- составляющие коэффициента облученности (формулы (5; 9));
- коэффициент облученности (формула (4))
- коэффициент пропускания атмосферы (формула (11));
- среднеповерхностную плотность теплового излучения пламени принять по табл.2, как для дизельного топлива, с учетом приведенного диаметра разлива ЛВЖ;
- интенсивность падающего теплового излучения, кВт/м^2 (формула (1)).

4. Построить график: «Зависимость тепловых нагрузок пожара от расстояния». По оси абсцисс отложить: «Расстояние, м. По оси ординат: «Тепловая нагрузка пожара, кВт/м^2 ».

Исходные данные

Площадь пролива ЛВЖ $F_{ж}$, м^2 . Расстояние от геометрического центра пролива ЛВЖ до облучаемого объекта r , м.

№ варианта	ЛВЖ	$F_{ж}$	r	№ варианта	ЛВЖ	$F_{ж}$	r
1	Бензин	300	40	11	СУГ (пропан-бутан)	330	42
2		320	42	12		320	41
3		330	43	13		310	40
4		350	44	14		300	39
5*		340	43	15		210	38
6	Дизельное топливо	330	42	16	Нефть	300	40
7		320	41	17		320	42
8		310	40	18		330	43
9		300	39	19		350	44
10		210	38	20		340	43

Контрольные вопросы

1. Укажите предельно допустимую интенсивность теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ, которая безопасна для человека в брезентовой одежде.

2. Укажите предельно допустимую интенсивность теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ для человека, при которой наступает ожог 1-й степени через 6 - 8 с;

3. Укажите предельно допустимую интенсивность теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ при которой возможно воспламенение хлопка-волокна через 15 мин;

4. Укажите нормативный документ, в котором содержится метод расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

5. Укажите, в каких пределах может изменяться среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени.

6. Укажите, в каких пределах может изменяться угловой коэффициент облученности;

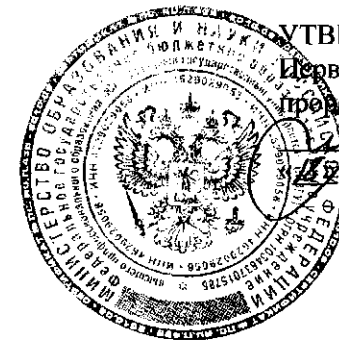
7. Укажите способы и приемы снижения пожарной опасности от тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

Список рекомендуемой литературы

1. Пожарная безопасность. Общие требования (ГОСТ 12.1.004-91)
2. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (ГОСТ Р 12.3. 047-98)
3. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03)
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ГОСТ 12.1.044-89)
5. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков. М. 2009.156с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
проректор по учебной работе
Е.А. Кудряшов
2013г.

**Расчет уровня взрывоопасности
технологической системы «РВС – ЛВЖ»**

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических про-
цессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»,
«Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопас-
ности» для студентов всех специальностей и направлений

УДК 658

Составители: В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

Расчет уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ» [Текст]: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 12 с.: Библиогр.: с. 12.

Представлена методика расчета уровня взрывоопасности технологической системы «резервуар вертикальный стальной - легковоспламеняющаяся жидкость».

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *18.01.16*. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Общие положения

Одним из основных параметров при анализе риска пожара является уровень взрывоопасности технологической системы. Уровень взрывоопасности изменяется в пределах от нуля до единицы.

Под уровнем взрывоопасности технологической системы (рис. 1) понимают отношение суммы периодов $\tau_{\text{ВОК}}$, когда рабочая концентрация пара ЛВЖ (φ_n) внутри системы находится в области взрывоопасных значений, к определенному периоду функционирования $\tau_{\text{функ}}$, например, к году, т. е.

$$Z = \frac{\sum \tau_{\text{вок}}(\varphi_{\text{ни}} \leq \varphi_n \leq \varphi_{\text{ан}})}{\tau_{\text{функ}}} \quad (1)$$

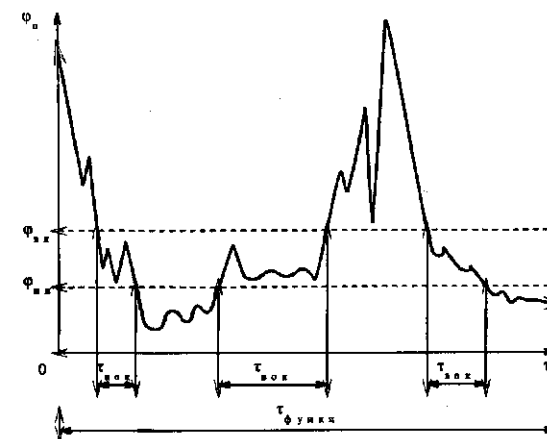


Рис. 1. Расчетная схема к определению уровня взрывоопасности

Наибольшая сложность возникает при определении концентрации пара жидкости в аппарате при воздействии на технологическую систему ряда различных возмущающих факторов. Для этой цели, как правило, проводят специальные исследования, на основе которых разрабатывают методы расчета уровня взрывоопасности технологических систем.

В основу метода расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ» (резервуар вертикальный стальной - легковос-

пламеняющаяся жидкость) положены результаты исследований, проведенных в Академии ГПС МЧС России по изучению пожарной опасности технологии хранения нефтепродуктов в стальных вертикальных резервуарах со стационарной крышей.

Метод расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»

Источником существенных тепловых изменений, происходящих в резервуаре, является солнечная радиация. Тепловой поток от солнца приводит к нагреву металлической оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара. От нагретых стенок и крыши резервуара тепло теряется в окружающий воздух посредством конвективно-лучистого теплообмена, а также передается паровоздушной смеси внутри резервуара и поверхностному слою. Последний отдает часть тепла посредством теплопроводности нижележащим слоям, другая часть тепла тратится на испарение, а основная масса полученного поверхностным слоем тепла идет на изменение его внутренней энергии, т.е. на увеличение температуры.

Следует отметить, что температура основной массы ЛВЖ в РВС стремится к значению среднемесячной температуры окружающего воздуха, а температура поверхностного слоя ЛВЖ является функцией теплового режима резервуара, которая может на 10 ... 20° градусов превышать значение основной массы ЛВЖ в резервуаре.

Закономерности изменения суточных температур поверхностного слоя обуславливают характер изменения концентрации паров ЛВЖ в пограничном слое. Можно выделить (рис.2) следующие характерные периоды существования взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ в РВС.

- в течение суток φ_n не достигает $\varphi_{нкр}$;
- в ночное, утреннее и вечернее время находится $\varphi_n < \varphi_{нкр}$, днем - φ_n в пределах $\varphi_{вок}$;
- в течение суток находится φ_n в пределах $\varphi_{вок}$;
- в ночное время находится $\varphi_n < \varphi_{нкр}$, днем - $\varphi_n > \varphi_{нкр}$, утром и вечером - φ_n в пределах $\varphi_{вок}$;
- ночью, утром и вечером находится φ_n в пределах $\varphi_{вок}$, днем - $\varphi_n > \varphi_{нкр}$;
- в течение суток $\varphi_n > \varphi_{нкр}$.

ЛВЖ, при хранении которых в РВС, образование взрывоопасных концентраций характерно только в летний период года, т.е температура поверхностного слоя ЛВЖ способна превысить нижний

предел распространения пламени, но не способна достигать верхний предел распространения пламени, будем относить к группе «около-пределенная ЛВЖ».

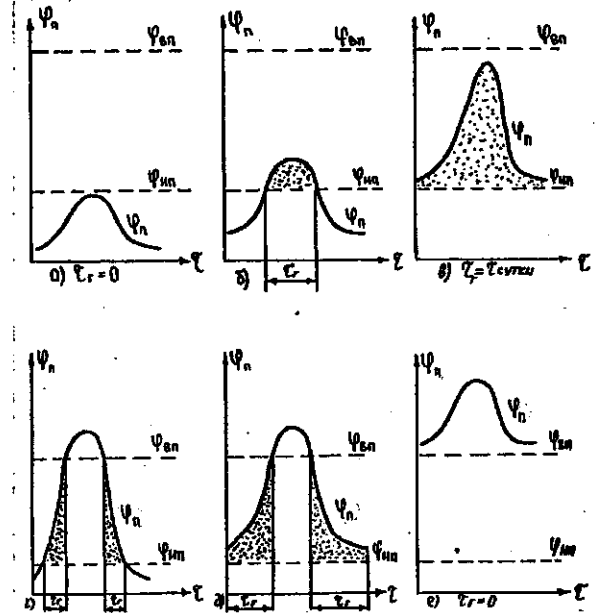


Рис. 2. Характерные периоды существования взрывоопасных концентраций паров ($\varphi_{вок}$)

В течение суток при воздействии солнечной радиации изменяются температуры окружающего воздуха, металлической оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, и температуры поверхностного слоя ЛВЖ в РВС подчиняется синусоидальному закону (рис.3).

Для описания температуры поверхностного слоя ЛВЖ в РВС при воздействии на него солнечной радиации может быть использовано уравнение

$$t_{n,cl} = (t_{n,cl,max} - t_{ж}) \sin \frac{\pi \tau_c}{\tau_{ан}} + t_{ж}, \quad (2)$$

где $t_{n,cl}$ - текущая температура поверхностного слоя ЛВЖ;
 $t_{n,cl,max}$ - максимальная температура поверхностного слоя ЛВЖ;
 $t_{ж}$ - температура основной массы ЛВЖ;
 τ_c - продолжительность теплового воздействия солнечной радиации от момента восхода солнца;

$\tau_{\text{дн}}$ - общая продолжительность теплового воздействия солнечной радиации (продолжительность светового дня).

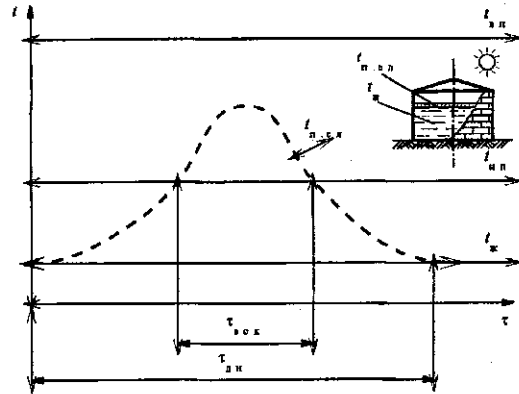


Рис. 3. Закономерности образования взрывоопасных концентраций паров в пограничном слое над поверхностью ЛВЖ в РВС при воздействии солнечной радиации

После захода солнца, а также в несолнечные дни температура поверхностного слоя стремится к температуре основной массы ЛВЖ, так как она имеет большой тепловой эквивалент. Температуру основной массы ЛВЖ в резервуаре принимают равной среднемесячной температуре окружающего воздуха.

Существует несколько расчетных методов определения максимальной температуры поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре, разработанных в области расчета потерь нефти и бензинов от испарения из резервуаров. Они могут быть удачно использованы для решения вопросов пожарной безопасности. Один из методов расчета основан на решении уравнения Фурье при синусоидальном изменении температуры на поверхности полубесконечного тела.

Расчетная формула имеет вид

$$t_{\text{п.сл-макс}} = \frac{q_{\text{л}} + \alpha_{\text{w-f}}(t_{\text{f-макс}} - t_{\text{f}})}{1 + \frac{m_{\text{ж}} \lambda_{\text{ж}}}{\alpha_{\text{п-ж}}} \left(1 + \frac{f_{\text{ж}}}{f_{\text{об}}} \frac{\alpha_{\text{п-ж}}}{\alpha_{\text{w-п}}} \right)} + t_{\text{ж}}, \quad (3)$$

где $q_{\text{л}}$ - тепловая нагрузка на резервуар от солнечной радиации, Вт·м⁻²;

$\alpha_{\text{w-f}}$ - коэффициент теплоотдачи в сложном лучисто-конвективном теплообмене от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, в окружающий воздух, Вт·м⁻²·К⁻¹;

$\alpha_{\text{п-w-ж}}$ - приведенный коэффициент теплоотдачи от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к поверхностному слою ЛВЖ, Вт·м⁻²·К⁻¹;

$\alpha_{\text{w-ж}}$ - коэффициент теплоотдачи излучением от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к ЛВЖ, Вт·м⁻²·К⁻¹;

$\alpha_{\text{п-ж}}$ - коэффициент теплоотдачи от паровоздушной смеси к поверхностному слою ЛВЖ, Вт·м⁻²·К⁻¹;

$t_{\text{f-макс}}$ - максимальная среднемесячная температура окружающего воздуха, °С;

t_{f} - среднемесячная температура окружающего воздуха, °С;

$m_{\text{ж}}$ - показатель температурного поля в поверхностном слое ЛВЖ, м⁻¹;

$\lambda_{\text{ж}}$ - коэффициент теплопроводности ЛВЖ, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

$\alpha_{\text{w-п}}$ - коэффициент теплоотдачи в сложном лучисто-конвективном теплообмене от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к паровоздушной смеси, Вт·м⁻²·К⁻¹;

$f_{\text{ж}}$ - площадь зеркала ЛВЖ в резервуаре, м²;

$f_{\text{об}}$ - площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, м²;

$t_{\text{ж}}$ - температура основной массы ЛВЖ, °С.

Допускается принимать в расчете следующие значения коэффициентов:

- $\lambda_{\text{ж}} = 0,11 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{\text{w-f}} = 10,7 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{\text{п-w-ж}} = 0,73 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{\text{п-ж}} = 5,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{\text{w-ж}} = 5,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{\text{w-п}} = 2,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$.

Остальные величины определяют по следующим формулам:

- максимальная среднемесячная температура окружающего воздуха

$$t_{\text{f-макс}} = t_{\text{f}} + \Delta t_{\text{f-макс}}/2. \quad (4)$$

Температуру основной массы ЛВЖ $t_{\text{ж}}$ в резервуаре принимают равной среднемесячной температуре окружающего воздуха (t_{f}). Значения температуры окружающего воздуха и максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха ($\Delta t_{\text{f-макс}}$) определяют по СНиП «Строительная климатология».

- площадь зеркала испарения ЛВЖ в резервуаре

$$f_{\text{ж}} = \pi d_{\text{р}}^2/4, \quad (5)$$

где $d_{\text{р}}$ - диаметр резервуара, м;

- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара

$$f_{об} = f_{ж} + \pi d_p (h_p - h_{жк}), \quad (6)$$

где h_p - высота резервуара, м; $h_{жк}$ - высота (уровень) взлива ЛВЖ в резервуаре, м;

- площадь оболочки, m^2 , ограничивающей газовое пространство резервуара, на которую воздействует солнечная радиация, определяют как аппроксимацию на плоскость, перпендикулярную направлению солнечных лучей:

$$f_{л} = d_p (h_p - h_{жк}) \sin(\psi - \xi) + f_{жк} \cos(\psi - \xi), \quad (7)$$

где ψ - географическая широта местности, °; ξ - усредненное значение расчетного склонения солнца, °;

- усредненное значение расчетного склонения солнца для текущего месяца определяется годовым ходом изменения склонения солнца, соответствующим схеме движения земного шара по орбите вокруг Солнца

$$\xi = 22,7 \sin(295 - 30 N_{\text{м}}), \quad (8)$$

где $N_{\text{м}}$ - порядковый номер месяца года;

- плотность падающего теплового потока от Солнца на площадку, нормальную к направлению солнечных лучей (формула Бугера-Бертрана),

$$q_c = 1325 \rho_{\text{ат}}^{\left[\frac{\cos(\psi - \xi)}{\rho_{\text{ат}}}\right]^{-1}}, \quad (9)$$

где 1325 - солнечная постоянная, Вт·м⁻²; $\rho_{\text{ат}}$ - коэффициент прозрачности атмосферы (допускается принимать равным 0,7);

- тепловая нагрузка на резервуар от солнечной радиации, Вт·м⁻²

$$q_{л} = \varepsilon_w q_c f_{л} / f_{об}. \quad (10)$$

Степень черноты оболочки резервуара ε_w , окрашенной алюминиевой краской годичной давности, допускается принимать равной 0,7;

- показатель температурного поля в поверхностном слое ЛВЖ, м⁻¹

$$m_{ж} = \sqrt{\frac{\pi \rho_{жк} c_{жк}}{7200 \lambda_{жк} \tau_{\text{дн}}}}, \quad (11)$$

где $\rho_{жк}$ - плотность жидкости, кг·м⁻³; $c_{жк}$ - теплоемкость жидкости, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (при отсутствии справочных данных допускается принимать равной 2000 Дж·кг⁻¹·К⁻¹).

Продолжительность светового дня $\tau_{\text{дн}}$ в $N_{\text{м}}$ -м месяце целесообразно принять по справочным данным для соответствующей географической широты местности. Допускается использовать следующую приближенную формулу

$$\tau_{\text{дн}} = 11,9 + 5,7 \sin(267 - 27 N_{\text{м}}). \quad (12)$$

По модели синусоидального изменения температур (рис. 3) не представляет труда определить продолжительность периода существования взрывоопасной концентрации внутри РВС при хранении ЛВЖ

$$\tau_{\text{вок}} = \tau_{\text{дн}} \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \theta\right), \quad (13)$$

где $\theta = \frac{t_{\text{ни}} - t_{жк}}{t_{\text{п.сл-мак}} - t_{жк}}$, рад;

$t_{\text{ни}}$ - нижний температурный предел распространения пламени, °С;

$t_{жк}$ - температура основной массы ЛВЖ, °С;

$t_{\text{п.сл-мак}}$ - максимальная температура поверхностного слоя ЛВЖ, °С.

Прежде чем определять значение $\tau_{\text{вок}}$, следует проанализировать значение θ .

При:

- $\theta > 1$ - $\tau_{\text{вок}}$ внутри системы не образуются, так как $t_{\text{п.сл-мак}} < t_{\text{ни}}$ (см. рис. 2 «а»);
- $\theta < 0$ - $\tau_{\text{вок}}$ будут существовать в течение суток, так как $t_{жк} > t_{\text{ни}}$ (см. рис. 2 «в»);
- $0 < \theta < 1$ - (см. рис. 2 «б») значение $\tau_{\text{вок}}$ определяют по формуле (2.13).

Уровень взрывоопасности технологической системы «РВС - ЛВЖ» в i -м месяце определяют из соотношения

$$Z_i = \frac{N_{\text{с.дн}} \tau_{\text{вок}}}{N_{\text{дн}} 24}, \quad (14)$$

где $N_{\text{с.дн}}$ и $N_{\text{дн}}$ - число безоблачных дней и число дней в месяце соответственно.

2. Расчет уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ» проводят по выше приведенной методике, используя следующий алгоритм расчета:

На первом этапе расчета определяют месяц года, для которого следует ожидать наиболее высокий уровень взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ».

Для определения месяца года, для которого следует ожидать наиболее высокий уровень взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ», строят график: «Закономерности изменения температуры ЛВЖ в резервуаре со стационарной крышей в течение года». Ось абсцисс разбивают на 12 частей в соответствии с порядковым месяцем года. По оси ординат откладывают шкалу температур. Используя данные «Статистические данные по метеоусловиям региона» для каждого месяца на графике откладывают текущее значение температуры основной массы ЛВЖ, равной среднемесячной температуре окружающего воздуха, а также возможное значение температуры поверхностного слоя, которое может превышать температуру основную массу жидкости на 20° .

На этом же графике откладывают значения нижнего и верхнего температурного предела распространения пламени.

Анализируя полученные результаты, делают выводы о месяце года, для которого следует ожидать наиболее высокий уровень взрывоопасности технологической системы. Далее для этого месяца года рассчитывают фактический уровень взрывоопасности технологической системы.

На втором этапе расчета определение максимальной температуры поверхностного слоя ЛВЖ в РВС производят по следующему алгоритму:

- максимальная среднемесячная температура окружающего воздуха (формула (4));
- площадь зеркала испарения ЛВЖ в РВС (формула (5));
- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство РВС (формула (6));
- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство РВС, на которую воздействует солнечная радиация (формула (7));
- усредненное значение расчетного склонения солнца (формула (8));
- плотность падающего теплового потока от солнца (формула (9));
- тепловую нагрузку на РВС от солнечной радиации (формула (10));
- показатель температурного поля в поверхностном слое ЛВЖ (формула (11));
- продолжительность светового дня (формула (12));

- максимальную температуру поверхностного слоя ЛВЖ в РВС (формула (3));

На третьем этапе расчета:

- определяют и анализируют параметр θ . При $0 < \theta < 1$ продолжительность периода существования взрывоопасной концентрации внутри РВС определяют по формуле (13).
- уровень взрывоопасности технологической системы (формула (14)).

Исходные данные

Регион расположения терминала – порт «Кавказ»; географическая широта местности, $\psi = 40^\circ$; число безоблачных дней в июле $N_{с.дн}$; среднемесячная температура окружающего воздуха для июля t_f ; максимальная суточная амплитуда колебаний температуры окружающего воздуха для июля, $\Delta t_{f-макс}$; диаметр РВС, d_p ; высота РВС, h_p м; уровень разлива ЛВЖ в РВС, $h_{ж}$; наименование хранимой ЛВЖ – авиационное топливо ТС-1; нижний температурный предел распространения пламени, $t_{нп} = 25^\circ\text{C}$; плотность ЛВЖ, $\rho_{ж} = 702 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$; коэффициент теплоотдачи в сложном лучисто-конвективном теплообмене от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, в окружающий воздух, $\alpha_{в-г} = 10,7 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$; приведенный коэффициент теплоотдачи от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к поверхностному слою ЛВЖ, $\alpha_{п.в-ж} = 0,73 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$; коэффициент теплоотдачи излучением от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к ЛВЖ, $\alpha_{в-ж} = 5,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$; коэффициент теплоотдачи от паровоздушной смеси к поверхностному слою ЛВЖ, $\alpha_{п-ж} = 5,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$; коэффициент теплопроводности ЛВЖ, $\lambda_{ж} = 0,11 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$.

Невар.	$N_{с.дн}$, дни	t_f , °C	$\Delta t_{f-макс}$, °C	d_p , м	h_p	$h_{ж}$, м
1	23	17,6	37	10,4	9,0	3,74
2	24	17,5	36	10,2	9,2	3,68
3	22	17,7	35	10,6	9,0	3,86
4	23	17,8	34	10,8	9,4	3,7
5	24	17,9	35	10,6	9,2	3,68
6	22	18,0	34	10,4	9,0	3,94
7	23	18,1	36	10,2	9,0	3,9
8	24	17,7	37	10,4	9,2	3,82
9	22	17,8	35	10,6	9,4	3,86
10	23	17,9	34	10,8	9,6	3,76
11	24	18,0	36	10,6	9,4	3,74
12	22	18,1	37	10,4	9,2	3,82
13	23	17,7	37	10,2	9,0	3,8
14	24	17,8	35	10,6	9,6	3,7

№вар.	$N_{с.дн}$, дни	t_k , °C	$\Delta t_{\text{плах}}$, °C	d_p , м	h_p	$h_{\text{вз}}$, м
15	22	17,9	34	10,4	9,2	3,68
16	23	18,0	36	10,4	9,0	3,84
17	24	18,1	37	10,6	9,4	3,82
18	22	17,7	33	10,8	9,2	3,76
19	24	17,8	38	10,2	9,0	3,68
20	23	17,9	37	10,6	9,6	3,74

Контрольные вопросы

1. Область применения показателя «уровень взрывоопасности технологической системы».
2. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «концентрационные пределы распространения пламени».
3. Что понимают под термином «околопредельная ЛВЖ»?
4. Как можно определить ход изменения температуры основной массы ЛВЖ в резервуаре в течение года?
5. Что является источником существенных тепловых изменений, происходящих в РВС?
6. Примерно, на сколько градусов, может превышать значение температуры поверхностного слоя ЛВЖ над основной массой жидкости в РВС?
7. Укажите основные меры пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости технологической системы «РВС – ЛВЖ» к возникновению пожара?

Список рекомендуемой литературы

1. Пожарная безопасность. Общие требования (ГОСТ 12.1.004-91)
2. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (ГОСТ Р 12.3. 047-98)
3. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03)
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ГОСТ 12.1.044-89)
5. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков. М. 2009.156с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2013 г.



МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ В1-В4

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Безопасность труда и пожарная безопасность на
предприятиях автосервиса», «Пожарная безопасность технологических
процессов и производств», «Безопасность промышленного
производства», «Экспертиза безопасности»
для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 658

Составители: В.В. Протасов, А.Н. Барков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

Методы определения категорий помещений В1-В4: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Безопасность труда и пожарная безопасность на предприятиях автосервиса», «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов, А.Н. Барков. Курск, 2013. 11 с.: Библиогр.: с. 11.

Представлены методы определения классификационных признаков отнесения зданий (или частей зданий между противопожарными стенами - пожарных отсеков), сооружений, строений и помещений производственного и складского назначения класса Ф5 к категориям по взрывопожарной и пожарной опасности.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Безопасность труда и пожарная безопасность на предприятиях автосервиса», «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», «Безопасность промышленного производства», «Экспертиза безопасности» очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,64. Уч.-изд.л. 0,58. Тираж 50 экз. Заказ 164. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: изучить методы определения классификационных признаков отнесения зданий (или частей зданий между противопожарными стенами - пожарных отсеков), сооружений, строений и помещений производственного и складского назначения класса Ф5 к категориям по взрывопожарной и пожарной опасности.

Общие положения

аварийная ситуация: Ситуация, характеризующаяся вероятностью возникновения аварии с возможностью дальнейшего ее развития.

взрыв паровоздушного облака: Процесс сгорания горючей паровоздушной смеси в открытом пространстве с образованием волн давления.

взрыв паровоздушной смеси в ограниченном объеме (резервуаре или производственном помещении): Процесс сгорания образовавшейся в ограниченном объеме горючей паровоздушной смеси с повышением давления в этом объеме.

взрыв резервуара с перегретой жидкостью при воздействии на него очага пожара: Процесс разрушения резервуара при нагреве от очага пожара находящейся в резервуаре жидкости до температуры, превышающей нормальную температуру кипения, с дальнейшим взрывообразным вскипанием жидкости. Процесс сопровождается образованием волн давления, и, если жидкость горючая, "огненным шаром".

взрывоопасная смесь: Смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться.

время отключения (время срабатывания): Промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления и т.п.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

категория пожарной (взрывопожарной) опасности объекта: Классификационная характеристика пожарной (взрывопожарной) опасности здания (или частей здания между противопожарными стенами - пожарных отсеков), сооружения, строения, помещения, наружной установки.

логическое дерево событий: Графическое отражение общего характера развития возможных аварийных ситуаций и аварий с отражением причинно-следственной взаимосвязи событий в зависимости

от специфики опасности объекта оценки риска с учетом влияния на них имеющихся защитных мероприятий.

огненный шар: Крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара.

пожар в помещении: Процесс диффузионного горения твердых, жидких и газообразных горючих веществ, находящихся в помещении, вызывающий прогрев строительных конструкций и технологического оборудования с возможной потерей ими несущей способности.

проектная авария: Авария, для предотвращения которой в проекте промышленного объекта предусмотрены системы обеспечения безопасности, гарантирующие обеспечение заданного уровня безопасности.

пожарная нагрузка: Количество теплоты, которое может выделиться в помещение при пожаре.

размер зоны: Протяженность ограниченной каким-либо образом части пространства.

сценарий аварии: Модель последовательности событий с определенной зоной воздействия опасных факторов пожара на людей, здания, сооружения и технологическое оборудование.

удельная пожарная нагрузка: Количество теплоты, которое может выделиться в помещение при пожаре, отнесенное к площади размещения находящихся в помещении горючих и трудногорючих веществ и материалов.

частота реализации сценария аварии: Частота возникновения и развития возможного сценария аварии в определенный период времени.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории АН, БН, ВН, ГН и ДН.

Категории помещений и зданий определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов. Категории наружных установок определяются, исходя из пожароопасных свойств находящихся в установках горючих веществ и материалов, их количества и особенностей технологических процессов. Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний

или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Допускается использование официально опубликованных справочных данных по пожароопасным свойствам веществ и материалов. Допускается использование показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро - опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро - опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 пожаро- опасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасно сть	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасно сть	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Примечания

1 Методы определения категорий помещений А и Б устанавливаются в соответствии с приложением А.

2 Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку. Разделение помещений на категории В1-В4 регламентируется положениями в соответствии с приложением Б.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем

последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

Определение категорий помещений В1-В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее - пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 2.

Таблица 2 - Удельная пожарная нагрузка и способы размещения для категорий В1-В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж·м ⁻²	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401-2200	В соответствии с прим. и ф.2
В3	181-1400	В соответствии с прим. и ф.2
В4	1-180	На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно прим. и ф.2

Примечание. При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{\text{нв}}^p, \quad (1)$$

где G_i - количество i -того материала пожарной нагрузки, кг;

$Q_{\text{нв}}^p$ - низшая теплота сгорания i -того материала пожарной нагрузки, МДж·кг⁻¹.

Удельная пожарная нагрузка g , МДж·м⁻², определяется из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (2)$$

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

В помещениях категорий В1-В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице 2. В помещениях категории В4 расстояния между

этими участками должны быть более предельных. В таблице 3 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт·м⁻², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения $l_{пр}$, приведенные в таблице 3, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{пр} + (11 - H)$, где $l_{пр}$ - определяется из таблицы 3; H - минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 3 - Значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$

$q_{кр}$, кВт·м ⁻²	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки

Материал	$q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Древесина (сосна влажностью 12%)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью 417 кг·м ⁻³)	8,3
Торф брикетный	13,2
Торф кусковой	9,8
Хлопок-волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4
Сено, солома (при минимальной влажности до 8%)	7,0

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ предельные расстояния принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки допускается рассчитывать по формулам:

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \text{ м,} \quad (3)$$

$$l_{\text{пр}} \geq 26 - H \text{ при } H < 11 \text{ м.} \quad (4)$$

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q определенное по формуле (Б.2), отвечает неравенству

$$Q \geq 0,64 g_{\text{T}} H^2, \quad (5)$$

то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Здесь $g_{\text{T}} = 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $1401 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$,
 $g_{\text{T}} = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ и $g_{\text{T}} = 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $0 < g \leq 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Пример 1. Помещение гаража.

Основную пожарную нагрузку автомобиля составляет резина, топливо, смазочные масла, искусственные полимерные материалы. Среднее значение количества этих материалов для грузового автомобиля следующее: резина - 118,4 кг, дизельное топливо - 120 кг, смазочные масла - 18 кг, пенополиуретан - 4 кг, полиэтилен - 1,8 кг, полихлорвинил - 2,6 кг, картон - 2,5 кг, искусственная кожа - 9 кг. Общая масса горючих материалов 276,3 кг. Для дизельного топлива $\Delta P = 0$, т. е. помещение не относится к категориям А и Б.

Низшая теплота сгорания составляет:

- для смазочного масла - $41,87 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- резины - $33,52 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- дизельного топлива - $43,59 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- пенополиуретана - $24,3 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- полиэтилена - $47,14 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- полихлорвинила - $14,31 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- картона $13,4 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$,
- искусственной кожи - $17,76 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Пожарная нагрузка по формуле 1 составит:

$$Q = 18 \cdot 41,87 + 118,4 \cdot 33,52 + 120 \cdot 43,59 + 4 \cdot 24,3 + 1,8 \cdot 47,14 + 2,5 \cdot 13,4 + + 9 \cdot 17,76 + 2,6 \cdot 14,31 = 10365,8 \text{ МДж.}$$

Минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до покрытия - H , составляет 6 м. Площадь размещения пожарной нагрузки $S = 10 \text{ м}^2$ (площадь которую занимает один автомобиль).

Удельная пожарная нагрузка по формуле 2 составит:

$$g = 10365,8 / 10 = 1036,6 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$$

Это значение соответствует категории помещения **В3**. (Таблица Б.1 [1], табл.2).

Если при определении категорий **В2** или **В3** количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле 2, отвечает неравенству 5, то помещение будет относиться к категориям **В1** или **В2** соответственно.

Нам подходит $g_T = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq 1036,6 \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$

Определим, выполняется ли условие 5

После подстановки численных значений получим

$$0,64 \cdot g \cdot H^2 = 0,64 \cdot 1400 \cdot 6^2 = 32256 \text{ МДж}.$$

Так как $Q = 10365,8 \text{ МДж}$ и условие $Q \geq 23883,3 \text{ МДж}$ не выполняется, помещение следует отнести к категории **В3**.

Пример 2. Производственная лаборатория.

В помещении лаборатории находятся: шкаф вытяжной химический, стол для микроаналитических весов, два стула. В лаборатории можно выделить один участок площадью не более 10 м^2 , на котором расположены стол и два стула, выполненные из дерева. Общая масса древесины на этом участке составляет около 47 кг.

Низшая теплота сгорания для древесины составляет $13,8 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ [2]. Пожарная нагрузка по формуле 1 будет равна

$$Q = 47 \cdot 13,8 = 648,6 \text{ МДж}.$$

Площадь размещения пожарной нагрузки составляет $2,5 \text{ м}^2$. В соответствии с приложением Б [1] принимаем площадь размещения пожарной нагрузки $S = 10 \text{ м}^2$. Удельная пожарная нагрузка по формуле 2 составит:

$$g = 648,6 / 10 = 64,9 \text{ МДж м}^{-2}.$$

Это значение соответствует категории помещения **В4**. (Таблица Б.1 [1] и табл.2) Поскольку в помещении лаборатории нет других участков с пожарной нагрузкой, помещение относится к категории **В4**.

Пример 3. Складское здание.

Складское здание представляет собой многостеллажный склад, в котором предусмотрено хранение на металлических стеллажах негорючих материалов в картонных коробках. В каждом из десяти рядов стеллажей содержится десять ярусов, шестнадцать отсеков, в которых хранится по три картонные коробки весом 1 кг каждая. Верхняя отметка хранения картонной тары на стеллажах составляет 5 м, а высота нижнего пояса до отметки пола 7,2 м (высота). Длина стеллажа составляет 48 м, ширина 1,2 м, расстояние между рядами стеллажей - 2,8 м.

Согласно исходным данным площадь размещения пожарной нагрузки в каждом ряду составляет $57,6 \text{ м}^2$.

Определим полное количество горючего материала (картон) в каждом ряду стеллажей, которое составит 480 кг.

Низшая теплота сгорания ($Q_{ни}^p$) для картона составляет $13,4 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ [2]. Пожарная нагрузка по формуле 1 будет равна.

$$Q = 480 \cdot 13,4 = 6432 \text{ МДж.}$$

Удельная пожарная нагрузка составит $g = 6432 / 57,6 = 111,7 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Это значение соответствует категории В4. Однако площадь размещения пожарной нагрузки превышает 10 м^2 (Таблица Б.1 [1] и табл.2, для категории В4 площадь должна быть не более 10 м^2).

Поэтому к категории В4 данное помещение отнести нельзя. Относим данное помещение к категории В3.

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле 2, отвечает неравенству 5, то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Нам подходит $g_T = 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $0 < 111,7 \leq 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Определим, выполняется ли условие 5. После подстановки численных значений получим:

$$0,64 \cdot g_T \cdot H^2 = 0,64 \cdot 180 \cdot 2,2^2 = 557,6 \text{ МДж.}$$

Так как $Q = 6432 \text{ МДж}$ и условие $Q \geq 346 \text{ МДж}$ выполняется, помещение следует отнести к категории В2.

Задание 1

Определить категорию помещения гаража при следующих данных:

Вариант	Резина	Дизельное топливо	Смазочные масла	Пенополиуретан	Полиэтилен	Полихлорвинил	Картон	Искусственная кожа	Вариант	Резина	Дизельное топливо	Смазочные масла	Пенополиуретан	Полиэтилен	Полихлорвинил	Картон	Искусственная кожа
1	121	111	16	4,5	1,5	2,4	2,8	10	11	120	119	15	4,7	2,5	2,8	2,4	10,5
2	122	112	17	4	1,6	2,3	2,9	11	12	119	118	16	4,5	3	2,9	2,3	10,4
3	123	113	18	3	2	2	2,4	10,5	13	118	117	17	4,2	2,5	2,4	2	10
4	124	114	19	5	1,8	2,8	2,9	10,4	14	124	124	18	5	1,5	2,9	2,8	11
5	125	115	20	6	2,5	2,9	2,4	10,2	15	120	123	17	5,2	1,6	2,4	2,9	12
6	120	116	21	4	3	2,4	2,3	11	16	121	122	14	6	2	2,3	2,4	13
7	119	117	22	5	2,5	2,5	2	11,5	17	122	121	10	5	1,8	2	2,5	12,8
8	118	118	23	6	2	2,6	2,8	12	18	123	118	20	4	2,5	2,8	2,6	11,8
9	124	119	24	6,5	3	2,1	2,9	13	19	124	116	15	8	3	2,9	2,1	9
10	120	120	22	5,6	2,1	2	2,4	13,5	20	125	114	17	10	2,5	2,4	2	10

Недостающие данные принять по примеру 1.

Задание 2

Определить категорию помещения складского здания при следующих данных:

Вариант	Высота	Длина стеллажа	Ширина стеллажа	Расстояние между рядами	Кол-во отсеков	Масса короба	Вариант	Высота	Длина стеллажа	Ширина стеллажа	Расстояние между рядами	Кол-во отсеков	Масса короба
1	7,2	5	1,2	2,8	16	1,2	11	8	5	1,4	3,2	18	1
2	7,4	5,2	1,4	2,6	18	1,2	12	7,8	5,2	1,2	2,8	16	1
3	7	4,8	1,2	3	16	1	13	7,6	5,4	1,4	3	18	1,1
4	7,6	4,8	1,4	3,2	18	1	14	7,4	5,2	1,4	3,2	16	1,1
5	7,8	5	1,2	2,8	18	1,5	15	7,2	5,4	1,2	2,8	18	1,2
6	8	5,2	1,4	3	16	1,5	16	7,2	5,2	1,2	3	16	1,2
7	7,8	5,4	1,2	3,2	18	1,4	17	7,4	5,4	1,4	3	18	1,3
8	7,6	5,2	1,4	2,8	18	1,4	18	7	4,8	1,2	2,8	16	1,3
9	7,4	5	1,4	2,8	16	1,3	19	7,6	4,8	1,4	3,2	16	1,4
10	7,2	5,4	1,2	3	16	1,3	20	7,8	5	1,2	2,8	16	1,4

Недостающие данные принять по примеру 3.

Содержание отчета

- название практической работы;
- цель работы;
- общие положения;
- условия задания по варианту;
- выполненный расчет задания по варианту;
- выводы по работе.

Список рекомендуемой литературы

1. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
2. А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения Справочник в 2-х ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ
- 4 ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением N 1)