

В.П. Сучков

**ПОСОБИЕ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ,
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ
ПОЖАРНЫХ РИСКОВ**



В.П. Сучков

**ПОСОБИЕ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ
ПОЖАРНЫХ РИСКОВ**

2009

УДК 614.8 42/49; 84/076

ББК 38.96

С 89

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

Рецензенты:

К настоящему времени в Академии ГПС МЧС РФ накоплен достаточно большой экспериментально-теоретический материал в области познания пожарной опасности технологических систем, который и послужил научной основой для создания настоящего пособия.

Приведены методы оценки пожарной опасности технологической системы в виде расчетно-графических и экспериментальных работ с методическими указаниями по их выполнению и примерами расчетов, которые изложены в соответствии с закономерностями возникновения и развития пожара и представляют собой два блока моделирования пожарной опасности:

I блок – моделирование пожарной опасности при нормальном функционировании технологической системы:

II блок – моделирование пожарной опасности возникновения и развития аварийной ситуации с переходом в пожар.

В качестве материального обеспечения приведены извлечения из проектных материалов и норм пожарной безопасности.

Предназначено для студентов пожарно-технического профиля.

Введение

Оценка соответствия взрывопожароопасных технологий требованиям пожарной безопасности сталкивается с большим числом локальных и системных проблем: технических и информационных. Анализ этих проблем (высокий уровень взрывопожароопасности используемых технологий, большая концентрация пожаровзрывоопасных веществ на единицу площади, неспособность существующего детерминированного нормирования дать оценку состояния защищенности людей от пожарной опасности технологической системы) поставил вопрос – о применении расчетных методов при оценке соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

Основным направлением оценки безопасности людей и состояния защищенности имущества третьих лиц от пожара является методология оценки риска. Центральным звеном в оценке риска является анализ пожарной опасности технологической системы. Под термином "пожарная опасность" понимают возможность возникновения и развития пожароопасной ситуации с переходом её в пожар, заключенную в технологической системе.

Здесь при выполнении настоящих экспериментальных и расчетно-графических работ отрабатываются методы оценки пожарной опасности технологической системы, предусмотренные нормативными документами по пожарной безопасности, а именно:

- ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования;
- ГОСТ Р 12.3. 047-98. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»
- НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
- Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории.

В качестве объекта анализа пожарной опасности принят вертикальный стальной резервуар (РВС), в котором хранится легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ). Появление вертикальных резервуаров тесно связано с именем выдающего русского инженера В.Г. Шухова*, по проектам которого сооружались первые стальные резервуары.

ШУХОВ Владимир Григорьевич (1853-1939), российский инженер, изобретатель, ученый. Окончил курс в Императорском московском техническом училище (1876). Создал десятки конструкций, отличавшихся смелостью решения, новизной, практичностью: нефтепроводы, нефтехранилища, арочные перекрытия, гиперboloидные башни (в т. ч. высотой 148,3 м в Москве).

Резервуар для хранения пожароопасных жидкостей можно рассматривать как наиболее распространенный аппарат. Например, резервуарный парк нефтепродуктообеспечения России, вместимостью около 22,5 млн. м³, включает в себя более 20000 резервуаров, различной конструкции.

Самым мощным нефтебазовым хозяйством в мире располагает США. Суммарная вместимость резервуарного парка превышает 400 млн. м³. Крупными размерами и высокой пропускной способностью характеризуются западноевропейские нефтегавани. Например, вместимость резервуарного парка головной перевалочной нефтебазы Южноевропейского нефтепровода составляет 2,26 млн.м³ (14 резервуаров по 40 тыс.м³, 18 - по 50 тыс.м³ и 8 - по 100 тыс.м³).



Рис. 1. Резервуары с плавающей крышей

К настоящему времени в Академии ГПС МЧС РФ накоплен достаточно большой экспериментально-теоретический материал в области

познания пожарной опасности технологии хранения нефти и нефтепродуктов, который и послужил научной основой для создания настоящего пособия.

Экспериментальные и расчетно-графические работы по оценке пожарной опасности технологической системы* «РВС-ЛВЖ» изложены в соответствии с закономерностями возникновения и развития пожара и представляют собой два блока моделирования пожарной опасности:

I блок – моделирование пожарной опасности при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ». В этот блок входят следующие работы:

- экспериментальное исследование взрывоопасности паровоздушной смеси при испарении остатка ЛВЖ;
- расчет уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»;
- расчет ожидаемой частоты возникновения пожара для технологической системы «РВС – ЛВЖ»;
- расчет параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром.

II блок – моделирование пожарной опасности возникновения и развития аварийной ситуации с переходом в пожар. В этот блок входят следующие работы:

- экспериментальное исследование пожарной опасности повышения давления в аппарате, полностью заполненной жидкостью;
- экспериментальное исследование геометрических параметров пожарной опасности аварийного разлива ЛВЖ;
- расчет геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ в случае полного разрушения РВС;
- экспериментальное исследование теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ с поверхности разлива;
- расчет теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ с поверхности разлива;
- расчет зоны взрывоопасных концентраций при аварийном разливе ЛВЖ на открытой технологической площадке;
- расчет опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей на открытой технологической площадке;
- расчет тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.

Впервые методология комплексного моделирования пожарной опасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»

разработана в Академии ГПС МЧС России и внедрена в практику обеспечения пожарной безопасности объектов хранения больших масс нефти и нефтепродуктов («Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории»).



Работа №1.

Пожарно-техническая характеристика объекта анализа пожарной опасности

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

Постановка задачи

Для проведения анализа пожарной опасности технологической системы необходимо подготовить информационную базу.

Информационная база, как правило, включает в себя следующие блоки:

- технология процесса;
- конструкция и оборудование технологической системы;
- показатели пожаровзрывоопасности, обращающихся веществ и материалов;
- климатические и метеорологические параметры, воздействующие на систему;
- принятые технические решения, обеспечивающие противопожарную защиту технологической системы.

Здесь в настоящей работе в соответствии с ГОСТом Р 12.3. 047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» отрабатываются основные элементы изучения технологии и подготовки информационной базы для проведения анализа пожарной опасности.

Задание

1. Подготовить для работы следующую литературу:

- Справочник под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (Справочное издание в 2 книгах. М., Химия, 1990),
- СНиП 23 – 01 - 99. «Строительная климатология»;
- СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы;
- РД 34.21.122-87. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

2. Записать название и цель работы, а также постановку задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

3. Изучить суть технологии, конструкцию и оборудование резервуара для хранения химических продуктов (приложение А).

4. Нарисовать схему конструкции резервуара с указанием оборудования, расположенного на нем.

5. Изучить по справочной литературе показатели пожаровзрывоопасности химического продукта и заполнить табл. 1.1.

6. Определить географическую широту расположения терминала химических продуктов.

7. Заполнить табл.1.2 «Статистические данные по метеоусловиям региона».

8. Заполнить анкету технических решений, обеспечивающих противопожарную защиту резервуарной группы терминала химических продуктов.

Порядок выполнения работы

1. Технология процесса, конструкция и оборудование технологической системы. При изложении описания технологии привести краткие сведения о функциональном назначении химического терминала.

На схеме конструкции и оборудования резервуара указать его основные параметры (емкость, диаметр, высота, толщина стенки верхнего пояса).

2. Показатели пожаровзрывоопасности. Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов в практической работе используют как для проведения анализа пожарной опасности технологических систем, так и для получения исходных данных при разработке систем по обеспечению пожарной безопасности взрывопожароопасных технологий.

Определение пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов производят по справочным данным, опубликованным головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной безопасности или выданных Государственной службой стандартных справочных данных.

Рекомендации по пользованию справочником под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (Справочное издание в 2 книгах. М., Химия, 1990).

- зависимость давления насыщенного пара от температуры в основном указана в виде уравнения Антуана. Расчетное уравнение позволяет определить давление насыщенного пара в кПа;
- для некоторых веществ теплота сгорания Q^* приведена в кДж/моль. Для перевода в размерность МДж/кг формула имеет

вид

$$Q = \frac{Q^*}{M}$$

где М – молярная масса.

Основные показатели пожаровзрывоопасных свойств ЛВЖ заносят в табл.1.1.

Таблица 1.1

Показатели пожаровзрывоопасности _____
(наименование ЛВЖ)

Наименование показателя	Значение
Молярная масса	
Плотность ЛВЖ, кг/м ³	
Температура вспышки, °С	
Температура самовоспламенения, °С	
Температурные пределы распространения пламени, °С: ○ нижний ○ верхний	
Концентрационные пределы распространения пламени, % (об.): ○ нижний ○ верхний	
Константы уравнения Антуана:	А _А = _____ Б _А = _____ С _А = _____
Теплота сгорания, МДж/кг	
Массовая скорость выгорания, кг·м ⁻² ·с ⁻¹	
Средства тушения	

При отсутствии некоторых справочных данных о показателях пожаровзрывоопасности, в табл. 1.1, делают прочерк.

3. Климатические параметры.

Концентрация паров в резервуаре, которая обуславливает состояние взрывоопасности резервуара, зависит от теплового режима резервуара. Источником существенных тепловых изменений, происходящих в резервуаре, являются метеоусловиям региона.

Район расположения склада ЛВЖ и ГЖ принимают по приложению 1.

Географическая широта региона, $\psi = \text{_____}, ^\circ$;

Значения среднемесячной температуры воздуха и максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха для регионов России приведены в СНиП 23 – 01 – 99. «Строительная климатология».

При отсутствии СНиП 23 – 01 – 99. «Строительная климатология» допускается определять значения среднемесячной температуры воздуха по табл. 1 СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика", а значения максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха по табл. 2. СНиП 2.01.01-82.

Результаты определения среднемесячной температуры воздуха и максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Статистические данные по метеоусловиям региона _____

Температура воздуха, °С,	Порядковый номер месяца года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
среднемесячная												
максимальная амплитуда												

Число безоблачных дней в июле месяце, $N_{с.дн} = \underline{\hspace{2cm}}$. (см. приложение 1).

5. Технические решения, обеспечивающие противопожарную защиту резервуарной группы терминала химических продуктов. Основные направления защиты, регламентирующие пожарную безопасность терминала химических продуктов, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3.

**Анкета технических решений
противопожарной защиты резервуарной группы**

№	Направление защиты	№ пункта	Количественная характеристика
1.	Общая вместимость резервуарной группы	Пункт 1. СНиП 2.11.03-93	$W_{общ} = \underline{\hspace{2cm}}$, м ³ .
2.	Классификация складов по вместимости	Пункт 1. СНиП 2.11.03-93	
3.	Минимально-допустимое расстояние между резервуарами	Пункты 3.2; 3.3. СНиП 2.11.03-93	
4.	Ограничение разлива жидкости (защитное обвалование)	Пункты 3.6; 3.8. СНиП 2.11.03-93	
5.	Противопожарное водоснабжение	Пункт 8.8. СНиП 2.11.03-93	
6.	Системы пожаротушения резервуаров	Пункты 8.3; 8.6. СНиП 2.11.03-93	
7.	Системы водяного орошения резервуаров	Пункты 8.7; 8.11. СНиП 2.11.03-93	
8.	Система молниезащиты резервуаров	Табл. 1. Пункт 3.	

	<ul style="list-style-type: none"> • тип зоны защиты • категория молниезащиты 	РД 34.21.122-87.	
--	---	------------------	--

Здесь требуется указать в анкете технических решений конкретные значения нормативных требований применительно к резервуарной группе по заданию на курсовой проект.

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите основные блоки информационной базы для проведения анализа пожарной опасности технологической системы.
2. Укажите основное оборудование, которое устанавливается на резервуаре.
3. Назначение дыхательного клапана и принцип его работы.
4. Назначение указателя уровня и принцип его работы.
5. Укажите основные источники информации, по которым допускается определять пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов.
6. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «температура вспышки».
7. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «температура самовоспламенения».
8. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «концентрационные пределы распространения пламени».
9. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «минимальная флегматизирующая концентрация».



Работа № 2. Расчет уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»

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

Постановка задачи

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. 2.1) понимают отношение суммы периодов $\tau_{\text{вок}}$, когда рабочая концентрация пара ЛВЖ (φ_n) внутри системы находится в области взрывоопасных значений, к определённому периоду функционирования $\tau_{\text{функ}}$, например, к году, т. е.

$$Z = \frac{\sum \tau_{\text{вок}}(\varphi_{\text{ни}} \leq \varphi_n \leq \varphi_{\text{ви}})}{\tau_{\text{функ}}}. \quad (2.1)$$

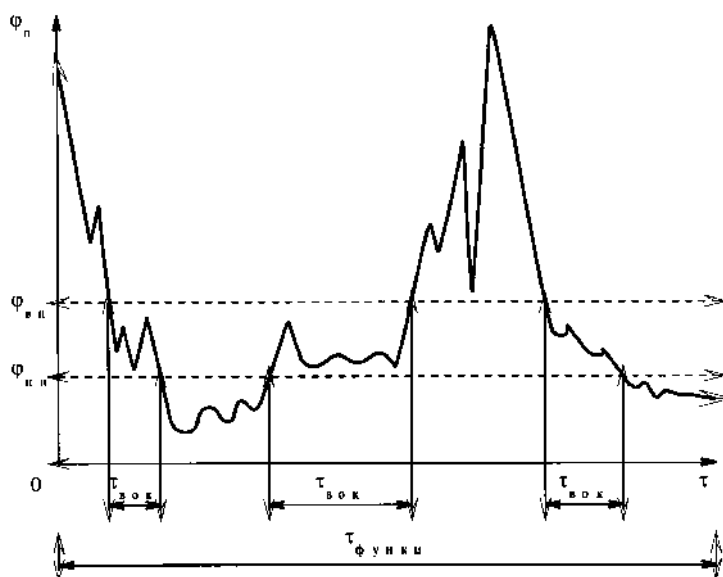


Рис. 2.1. Расчетная схема к определению уровня взрывоопасности

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

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ».

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение

которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить основные положения метода расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ» и порядок выполнения работы.

3. Рассчитать уровень взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ».

4. Сделать выводы по результатам расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ».

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие взрывобезопасную технологию хранения ЛВЖ в резервуарах, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ». (Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории).

6. Сформулировать меры пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости технологической системы «РВС – ЛВЖ» к возникновению пожара.

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 передаётся паровоздушной смеси внутри резервуара и поверхностному слою. Последний отдаёт часть тепла посредством теплопроводности нижележащим слоям, другая часть тепла тратится на испарение, а основная масса полученного поверхностным слоем тепла идёт 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.2.2) следующие характерные периоды существования взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ в РВС.

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

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 «околопредельная ЛВЖ».

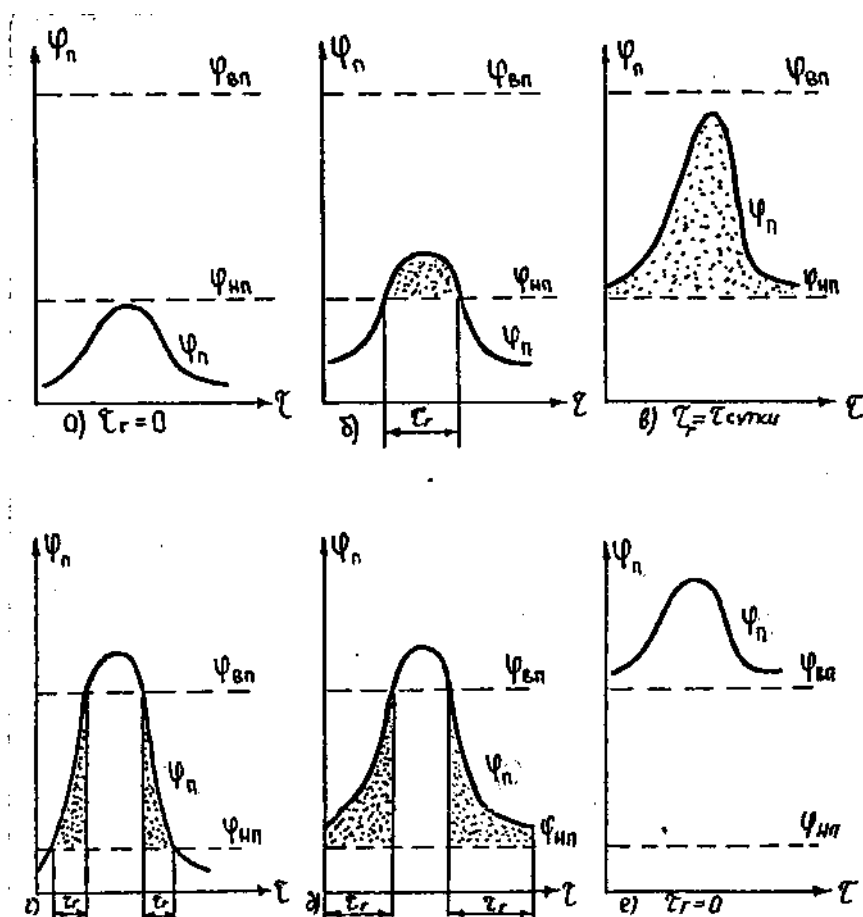


Рис. 2.2. Характерные периоды существования взрывоопасных концентраций паров ($\varphi_{вок}$)

В течение суток при воздействии солнечной радиации изменение температуры окружающего воздуха, металлической оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, и температуры поверхностного слоя ЛВЖ в РВС подчиняется синусоидальному закону (рис.2.3).

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

$$t_{n.сл} = (t_{n.сл-маx} - t_{жс}) \sin \frac{\pi \tau_c}{\tau_{дн}} + t_{жс}, \quad (2.2)$$

где $t_{n.сл}$ - текущая температура поверхностного слоя ЛВЖ;

$t_{n.сл-маx}$ - максимальная температура поверхностного слоя ЛВЖ;

$t_{жс}$ - температура основной массы ЛВЖ;

τ_c - продолжительность теплового воздействия солнечной радиации от момента восхода солнца;

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

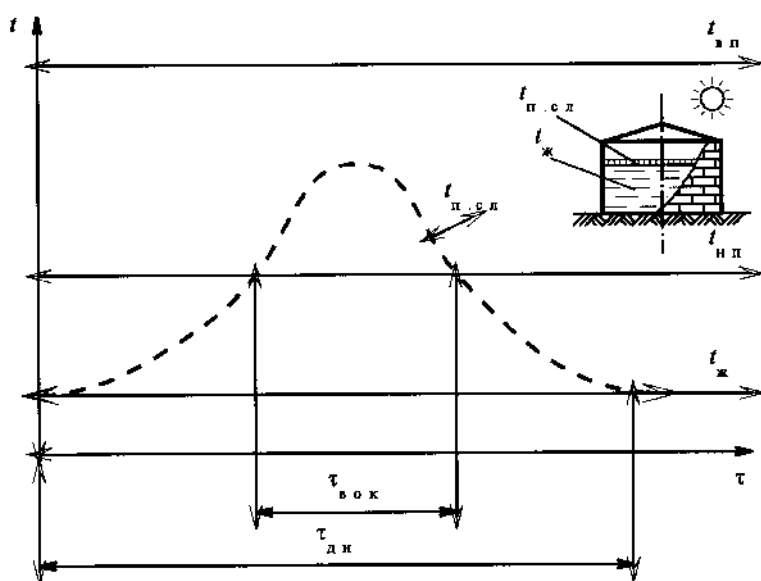


Рис. 2.3.
Закономерности
образования
взрывоопасных
концентраций паров
в пограничном слое над
поверхностью ЛВЖ в
РВС при воздействии
солнечной радиации

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

$$t_{\text{п.сл-макс}} = \frac{q_{\text{л}} + \alpha_{w-f}(t_{f-\text{макс}} - t_f)}{\alpha_{w-f} + \alpha_{\text{п.в-ж}} + \alpha_{w-ж} f_{\text{ж}} / f_{\text{об}}} + t_{\text{ж}}, \quad (2.3)$$

$$1 + \frac{m_{\text{ж}} \lambda_{\text{ж}}}{\alpha_{\text{п-ж}}} \left(1 + \frac{f_{\text{ж}}}{f_{\text{об}}} \frac{\alpha_{\text{п-ж}}}{\alpha_{w-\text{п}}} \right)$$

где $q_{\text{л}}$ - тепловая нагрузка на резервуар от солнечной радиации, Вт·м⁻²;
 α_{w-f} - коэффициент теплоотдачи в сложном лучисто-конвективном теплообмене от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, в окружающий воздух, Вт·м⁻²·К⁻¹;
 $\alpha_{\text{п.в-ж}}$ - приведенный коэффициент теплоотдачи от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к поверхностному слою ЛВЖ, Вт·м⁻²·К⁻¹;
 $\alpha_{w-ж}$ - 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;
 $t_{f-\text{макс}}$ - 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;
 $\alpha_{w-\text{п}}$ - 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:

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

- $\alpha_{w-ж} = 5,3 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$;
- $\alpha_{w-п} = 2,5 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

Остальные величины определяют по следующим формулам:

- максимальная среднемесячная температура окружающего воздуха

$$t_{f-\max} = t_f + \Delta t_{f-\max}/2. \quad (2.4)$$

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

- площадь зеркала испарения ЛВЖ в резервуаре

$$f_{жс} = \pi d_p^2/4, \quad (2.5)$$

где d_p - диаметр резервуара, м;

- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара

$$f_{об} = f_{жс} + \pi d_p (h_p - h_{жс}), \quad (2.6)$$

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

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

$$f_l = d_p (h_p - h_{жс}) \sin (\psi - \xi) + f_{жс} \cos (\psi - \xi), \quad (2.7)$$

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

$$\xi = 22,7 \sin (295 - 30 N_{\text{м}}), \quad (2.8)$$

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

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

$$q_c = 1325 \rho_{\text{ат}}^{\left[\cos(\psi-\xi)\right]^{-1}}, \quad (2.9)$$

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

$$q_{\text{л}} = \varepsilon_w q_c f_{\text{л}} / f_{\text{об}}. \quad (2.10)$$

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

$$m_{\text{жс}} = \sqrt{\frac{\pi \rho_{\text{жс}} c_{\text{жс}}}{7200 \lambda_{\text{жс}} \tau_{\text{дн}}}}, \quad (2.11)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкости, кг·м⁻³; $c_{\text{ж}}$ - 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 №-м месяце целесообразно принять по справочным данным для соответствующей географической широты местности. Допускается использовать следующую приближенную формулу

$$\tau_{\text{дн}} = 11,9 + 5,7 \sin (267 - 27 N_{\text{д.м}}). \quad (2.12)$$

По модели синусоидального изменения температур (рис. 2.3) не представляет труда определить продолжительность периода существования взрывоопасной концентрации внутри РВС при хранении ЛВЖ

$$\tau_{\text{вок}} = \tau_{\text{дн}} \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \theta \right), \quad (2.13)$$

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

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

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

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

Прежде чем определять значение τ_{60K} , следует проанализировать значение θ .

При:

- $\theta > 1$ - $\varphi_{\text{бок}}$ внутри системы не образуются, так как $t_{\text{п.сл-мак}} < t_{\text{нп}}$ (см. рис. 2.2 «а»);
- $\theta < 0$ - $\varphi_{\text{бок}}$ будут существовать в течение суток, так как $t_{\text{ж}} > t_{\text{нп}}$ (см. рис. 2.2 «в»);
- $0 < \theta < 1$ - (см. рис. 2.2 «б»)) значение $\tau_{\text{бок}}$ определяют по формуле (2.13).

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

$$Z_i = \frac{N_{c.\partial H}}{N_{\partial u}} \frac{\tau_{\text{60K}}}{24} \quad , \quad (2.14)$$

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

**Меры пожарной безопасности,
направленные на повышение устойчивости технологической системы
«РВС – ЛВЖ» к возникновению пожара**

1. Применение для хранения ЛВЖ резервуаров с понтонами.
2. Использование защитного газа (азот или метан) в герметизированных технологиях хранения для резервуаров со стационарными крышами.
3. Дифференцированное хранение ЛВЖ в РВС в зависимости от климатического района страны.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить исходные данные для выполнения работы по следующей форме:
 - регион расположения терминала _____;
 - географическая широта местности, $\psi = __^\circ$;
 - число безоблачных дней в июле, $N_{\text{с.дн}} = __$;
 - среднемесячная температура окружающего воздуха для июля, $t_f = _____^\circ\text{C}$;
 - максимальная суточная амплитуда колебаний температуры окружающего воздуха для июля, $\Delta t_{f-\max} = _____^\circ\text{C}$;

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 (2.4));
- площадь зеркала испарения ЛВЖ в РВС (формула (2.5));
- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство РВС (формула (2.6));
- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство РВС, на которую воздействует солнечная радиация (формула (2.7));
- усредненное значение расчетного склонения солнца (формула (2.8));
- плотность падающего теплового потока от солнца (формула (2.9));
- тепловую нагрузку на РВС от солнечной радиации (формула (2.10));
- показатель температурного поля в поверхностном слое ЛВЖ (формула (2.11));
- продолжительность светового дня (формула (2.12));
- максимальную температуру поверхностного слоя ЛВЖ в РВС (формула (2.3));

На третьем этапе расчета:

- определяют и анализируют параметр θ . При $0 < \theta < 1$ продолжительность периода существования взрывоопасной концентрации внутри РВС определяют по формуле (2.13).
- уровень взрывоопасности технологической системы (формула (2.14)).

Вопросы для подготовки к защите работы

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?

Пример расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»

Исходные данные

- регион расположения терминала – порт «Кавказ»;
- географическая широта местности, $\psi = 40^\circ$;
- число безоблачных дней в июле, $N_{с.дн} = 23$;
- среднемесячная температура окружающего воздуха для июля, $t_f = 17,6^\circ\text{C}$;
- максимальная суточная амплитуда колебаний температуры окружающего воздуха для июля, $\Delta t_{f-\max} = 37^\circ\text{C}$;
- диаметр РВС, $d_p = 10,4$ м;
- высота РВС, $h_p = 9,0$ м;
- уровень разлива ЛВЖ в РВС, $h_{ж} = 3,74$ м;
- 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, $\alpha_{w-f} = 10,7 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$;
- приведенный коэффициент теплоотдачи от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к поверхностному слою ЛВЖ, $\alpha_{п. w-ж} = 0,73 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$;
- коэффициент теплоотдачи излучением от оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара, к ЛВЖ, $\alpha_{w-ж} = 5,3 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$;
- 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, $\lambda_{ж} = 0,11 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Расчет

Максимальная среднемесячная температура окружающего воздуха

$$t_{f-\max} = t_f + \Delta t_{f-\max} / 2 = 17,6 + 37 / 2 = 36,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Площадь зеркала испарения ЛВЖ в РВС

$$f_{\text{ж}} = \pi d_p^2 / 4 = 3,14 \cdot 10,4^2 / 4 = 84,9 \text{ м}^2.$$

Площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство РВС

$$f_{\text{об}} = f_{\text{ж}} + \pi d_p (h_p - h_{\text{ж}}) = 84,9 + 3,14 \cdot 10,4 (9,0 - 3,74) = 256,7 \text{ м}^2.$$

Усредненное значение расчетного склонения солнца для июля месяца

$$\xi = 22,7 \sin (295 - 30 N_{\text{д.м}}) = 22,7 \sin (295 - 30 \cdot 7) = 22,6 \text{ } ^\circ.$$

Площадь оболочки, м², ограничивающей газовое пространство РВС, на которую воздействует солнечная радиация:

$$\begin{aligned} f_{\text{л}} &= d_p (h_p - h_{\text{жс}}) \sin (\psi - \xi) + f_{\text{жс}} \cos (\psi - \xi) = \\ &= 10,4 (9,0 - 3,74) \sin (40 - \xi) + f_{\text{жс}} \cos (\psi - 22,6) = 97,4 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Плотность падающего теплового потока от солнца на площадку, нормальную к направлению солнечных лучей

$$q_c = 1325 \rho_{\text{ам}}^{[\cos(\psi - \xi)]^{-1}} = 1325 \cdot 0,7^{[\cos(40 - 22,6)]^{-1}} = 911,8 \text{ Вт м}^{-2}.$$

Тепловая нагрузка на резервуар от солнечной радиации

$$q_{\text{л}} = \varepsilon_w q_c f_{\text{л}} / f_{\text{об}} = 0,7 \cdot 911,8 \cdot 97,36 / 256,7 = 242,1 \text{ Вт м}^{-2}.$$

Продолжительность светового дня в июле месяце

$$\tau_{\text{дн}} = 11,9 + 5,7 \sin (267 - 27 N_{\text{д.м}}) = 11,9 + 5,7 \sin (267 - 27 \cdot 7) = 17,4 \text{ ч.}$$

Показатель температурного поля в поверхностном слое ЛВЖ

$$m_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot c_{\text{ж}}}{7200 \cdot \lambda_{\text{ж}} \cdot \tau_{\text{дн}}}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 702 \cdot 2000}{7200 \cdot 0,11 \cdot 17,4}} = 17,9 \text{ м}^{-1}.$$

Максимальная температура поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре,

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

$$= \frac{242,1 + 10,7(36,1 - 17,6)}{10,7 + 0,73 + 5,3 \cdot 84,9 / 256,7} + 17,6 = 38,05 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$1 + \frac{17,9 \cdot 0,11}{5,3} \left(1 + \frac{84,9}{256,7} \frac{5,3}{2,5} \right)$$

Параметр

$$\theta = \frac{t_{\text{нп}} - t_{\text{ж}}}{t_{\text{п.сл-макс}} - t_{\text{ж}}} = \frac{25,0 - 17,6}{38,05 - 17,6} = 0,36.$$

Так как

$$0 < \theta < 1,$$

то определяем продолжительность существования взрывоопасной концентрации внутри резервуара. Значение $\arcsin \theta$ вычисляют в радианах.

$$\tau_{\text{вок}} = \tau_{\text{дн}} \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \theta \right) = 17,4 \left(1 - \frac{2}{3,14} \arcsin 0,36 \right) = 13,3 \text{ ч.}$$

Уровень взрывоопасности технологической системы в июле

$$Z_i = \frac{N_{\text{с.дн}}}{N_{\text{дн}}} \frac{\tau_{\text{вок}}}{24} = \frac{23}{31} \frac{13,3}{24} = 0,41.$$



Работа № 3.

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

Цель работы: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении

практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Постановка задачи

Одним из основных параметров в анализе риска пожарной опасности для людей при эксплуатации взрывопожароопасной технологической системы является частота возникновения пожаров ($N_{\text{п}}$).

В настоящее время имеется большое число публикаций, в которых приводятся среднестатистические данные по частотам возникновения пожаров. В табл.3.1 приведены первые опубликованные статистические данные о пожарах резервуаров, обобщение которых выполнено в Академии ГПС МЧС России.

Таблица 3.1

Частота возникновения пожаров

Место возникновения пожара	Частота, 1/год
<u>Объект переработки нефти:</u>	
○ резервуар со стационарной крышей	$1,86 \cdot 10^{-4}$
○ резервуар с плавающей крышей	$1,29 \cdot 10^{-4}$
○ резервуар с понтоном	$4,53 \cdot 10^{-4}$
<u>Объект энергетики:</u>	
○ резервуар со стационарной крышей	$5,73 \cdot 10^{-4}$
<u>Объект транспорта и распределения нефтепродуктов:</u>	
○ 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, $(0,3 \dots 1) \cdot 10^{-3}$ 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»

отрабатывается метод расчета ожидаемой частоты возникновения пожара при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ».

Задание

1. Записать название и цель работы, а также постановку задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить основные положения метода расчета частоты пожара при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ» и порядок выполнения работы.

3. Идентифицировать по материалам пожаров характерные источники для резервуарного парка терминала химических продуктов.

4. Рассчитать частоту появления источника зажигания и ожидаемую частоту возникновения пожара при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ».

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие повышение устойчивости к возникновению пожара при хранении ЛВЖ в резервуарах, изложенные в «Рекомендациях по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие повышение устойчивости к возникновению пожара технологии хранения ЛВЖ в резервуарах, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

6. Сформулировать меры пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости технологической системы «РВС – ЛВЖ» к возникновению пожара.

Метод расчета частоты пожара

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

$$N_{\Pi} = Z \cdot \lambda_3. \quad (3.1)$$

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 сочленения 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 ручном 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 инициирования 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 инициирования 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 замазученному 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

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \text{ 1/год} \quad (3.2)$$

где λ_i - частота появления i -го источника зажигания.

Разряд атмосферного электричества в анализируемом объекте возможен:

- при поражении объекта молнией (прямой удар молнии) — непосредственный контакт канала молнии с зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии;
- при вторичном проявление молнии — наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта;
- 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.



Рис. 3.1. Разряды атмосферного электричества

(Молния представляет собой электрический разряд длиной в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-либо наземным сооружением)

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

$$Q = Q(t_1) \cdot Q(t_2), \quad (3.3)$$

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

$$Q(t_1) = 1 - \exp(-N_{ум} \tau_p), \quad (3.4)$$

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

$$N_{ум} = S_n n_{ум} 10^{-6}, \quad (3.5)$$

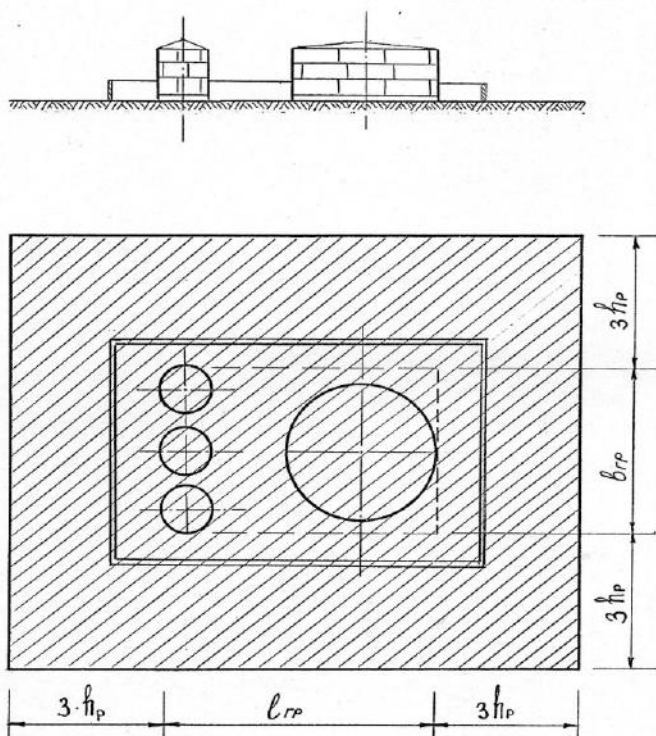
где S_n - расчетная площадь поражения, м^2 ;

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

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

$$S_n = (l_{зр} + 6 h_p) (b_{зр} + 6 h_p) - 7,7 h_p, \text{ м}^2. \quad (3.6)$$

и



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

h_p - наибольшая высота резервуара, м.

**Рис. 3.2. Расчетная
площадь поражения**

Для произвольного пункта на территории России удельная плотность ударов молнии на 1 км² земной поверхности определяется по табл. 3.2, исходя среднегодовой продолжительности гроз в часах.

Таблица 3.2

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/ км ² год	1	2	4	5,5	7	8,5

Среднегодовую продолжительность гроз определяют по карте, приведенной на рис. 3.3.

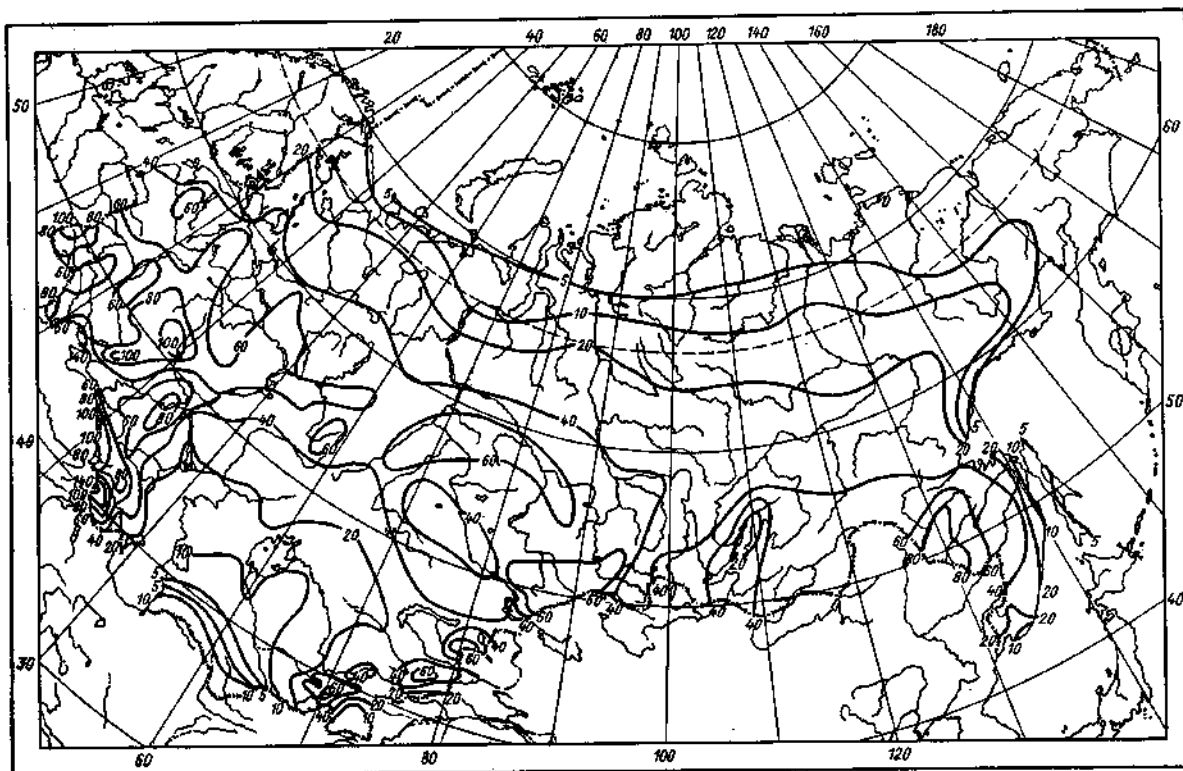


Рис. 3.3. Среднегодовая продолжительность гроз, час.

Вероятность прорыва молниезащиты прямым ударом молнии вычисляют по формуле

$$Q(t_2) = 1 - \beta, \quad (3.7)$$

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).

$$\lambda_{з-м} = Q \quad (3.8)$$

В табл. 3.3 приведены статистические данные о частоте появления источников зажигания в резервуарных парках, обобщение которых выполнено в Академии ГПС МЧС России.

Таблица 3.3

**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. Подготовить исходные данные для выполнения работы по следующей форме:

- регион расположения терминала _____;
- географическая широта расположения терминала , $\psi =$ _____, °
- число РВС в группе _____;
- диаметр РВС, $d_p =$ _____ м;
- высота РВС, $h_p =$ _____ м;
- тип зоны молниезащиты, _____;
- надежность защитного действия молниезащиты, $\beta =$ _____.

2. По материалам изучения происшедших пожаров в резервуарных парках установить характерные источники зажигания для анализируемого объекта. Результаты идентификации занести в табл. 3.4.

Таблица 3.4.

Частота появления источников зажигания

№ п/п	Наименование источника зажигания	Частота, 1/год
----------	----------------------------------	----------------

1		
2		
3		

3. Используя данные табл. 3.3, 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. 3.3) для региона расположения терминала химических продуктов определяют среднегодовую продолжительность гроз в часах;
 - по табл. 3.3 - удельную плотность ударов молнии на 1 км² земной поверхности в течение года;
 - расчетная площадь поражения (формула (3.6));
 - ожидаемое число прямых ударов молнии в расчетную площадь поражения (формула (3.5));
 - вероятность прямого удара молнии в расчетную площадь поражения (формула (3.4));
 - вероятность прорыва прямого удара молнии молниезащиты (формула (3.7));
 - вероятность поражения молнией резервуара (формула (3.3));
 - при малой вероятности реализации событий, частота событий принимается равной вероятности события (формула (3.8)).
5. Суммарная частота появления источника зажигания (формула (3.2)).
6. Ожидаемая частота возникновения пожаров (формула (3.1)).

Вопросы для подготовки к защите работы

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.

Пример расчета частоты возникновения пожара

Исходные данные

Число резервуаров в группе – 1.

Тип резервуара – РВС – 20000.

Геометрические размеры РВС: $R_p = 22,81$ м; $h_p = 11,9$ м.

Тип зоны молниезащиты – Б.

Надежность защитного действия молниезащиты, $\beta = 0,95$;

Уровень взрывоопасности технологической системы, $Z = 0,1$;

Сведения о других источниках зажигания, которые могут также послужить причиной пожара на данном объекте, приведены в табл.

Таблица

№ 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	$1,6 \cdot 10^{-4}$

Расчет

Для региона расположения резервуара среднегодовая продолжительность гроз составляет 70 часов в год. По табл. 3.3 определяем удельную плотность ударов молнии, которая составляет 5,5 ударов в 1 км² земной поверхности в течение года.

Расчетная площадь поражения

$$S_n = (2R + 6h_p)^2 - 7,7 h_p^2 = (2 \cdot 22,81 + 6 \cdot 11,9)^2 - 7,7 \cdot 11,9^2 = 123603 \text{ м}^2.$$

Ожидаемое число прямых ударов молнии в расчетную площадь поражения

$$N_{ym} = S_n \cdot n_{ym} \cdot 10^{-6} = 12603 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ 1/год.}$$

Вероятность попадания прямого удара молнии в расчетную площадь поражения

$$Q(t_1) = 1 - \exp(-N_{ym} \cdot \tau_p) = 1 - \exp(-6,9 \cdot 10^{-2} \cdot 1) = 6,7 \cdot 10^{-2}.$$

Вероятность прорыва молниезащиты прямым ударом молнии

$$Q(t_2) = 1 - \beta = 1 - 0,95 = 5,0 \cdot 10^{-2}.$$

Вероятность поражения резервуара молнией

$$Q = Q(t_1) \cdot Q(t_2) = 6,7 \cdot 10^{-2} \cdot 5,0 \cdot 10^{-2} = 3,3 \cdot 10^{-3}$$

Принимаем частоту поражения молнией резервуара в течение года равной значению вероятности поражения

$$\lambda_{з-м} = Q = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год.}$$

Частота появления источника зажигания

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 3,3 \cdot 10^{-3} + 1,7 \cdot 10^{-4} + 1,7 \cdot 10^{-4} + 1,6 \cdot 10^{-4} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год.}$$

Ожидаемая частота возникновения пожаров

$$N_{\pi} = Z \cdot \lambda_3 = 0,1 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$



Работа №4.

Экспериментальное исследование взрывоопасности паровоздушной смеси при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ

Цель работы: закрепление теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем методами экспериментальных исследований, привитие навыков самостоятельного анализа и обобщения данных, опыта работы с лабораторным оборудованием, компьютерами, аппаратурой, приборами.

Постановка задачи

Процесс подготовки оборудования к проведению временных огневых работ представляет специфическую опасность, так как технологическая система выводится из нормального режима эксплуатации, вскрывается, и создаются условия для образования взрывоопасных концентраций паров.

Статистика отмечает, что около 25 % от всех произошедших пожаров в резервуарных парках обусловлены низким профессиональным уровнем аппарата управления нефтяных компаний в области пожарной безопасности.

Эти пожары можно разделить на следующие, группы:

- пожары при проведении работ по ремонту и обслуживанию резервуаров без их предварительной подготовки;
- пожары при подготовке резервуаров к ремонту;
- пожары при проведении огневых работ на предварительно подготовленных резервуарах.

Вв резервуарном парке насосной станции нефтепровода в Горьковской области без подготовки к проведению огневых работ по монтажу молниезащиты произошел взрыв с последующим пожаром в железобетонном резервуаре. Погибло 3 человека, 7 человек получили ожоги.

Представляет определенный интерес пожар резервуара РВСП-10000, происшедший на ЛПДС «Никольское». С целью усиления пожарной безопасности резервуара, т.е. для установки молниеприемников и генераторов для подачи пены на случай пожара, проводили подготовительные работы по удалению остатка нефтепродукта через люк-газ. После прекращения работы пары нефтепродукта вышли через люк-лаз, и в условиях штиля территория была загазована. При включении наружного освещения произошел взрыв, и пожар полностью уничтожил резервуар.

Здесь в настоящей работе в соответствии с требованиями стандартов «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» (ГОСТ 12.1.044-89) и «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (ГОСТ Р 12.3. 047-98) отрабатывается метод экспериментального исследования взрывоопасности паровоздушной смеси при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ.

Задание

1. Подготовить для работы следующую литературу:
 - Справочник под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (Справочное издание в 2 книгах. М., Химия, 1990),
2. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.
3. Изучить основные положения, регламентирующие пожарную безопасность подготовки технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ; лабораторную установку; порядок выполнения работы; методику измерения концентраций по инструкции к прибору газового анализа.
4. Провести эксперимент по изучению закономерностей изменения концентраций паров при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ.
5. Изучить требования пожарной безопасности, изложенные в приложении В: «Требования пожарной безопасности пожарной безопасности при подготовке технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ. Извлечения из «Правил пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения (ВППБ 01-01-94)».
6. Сформулировать меры пожарной безопасности, направленные на обеспечение пожарной безопасности подготовки оборудования к проведению временных огневых работ.

Основные положения, регламентирующие пожарную безопасность подготовки технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ

Теоретические и практические основы обеспечения взрывопожаробезопасности при подготовке технологического оборудования к проведению временных огневых работ разработаны в Академии ГПС МЧС России под руководством д.т.н., профессора Назарова В.П.

Подготовка оборудования к проведению временных огневых работ предусматривает составление наряда-допуска, в котором должны быть предусмотрены следующие комплексы мер пожарной безопасности:

- а) подготовка рабочей зоны к проведению пожароопасных работ;
- б) освобождение оборудования от пожароопасных веществ;
- в) отключение оборудования и установка заглушек;
- г) дегазация и очистка оборудования от остатков пожароопасных веществ.

Цель дегазации - достижение взрывобезопасного состояния паровоздушной смеси внутри технологического оборудования.

Например, взрывобезопасное значение концентрации паров нефтепродуктов составляет:

- не более $0,1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ при выполнении любых видов работ, связанных с пребыванием работников в резервуаре без защитных средств (ПДК – предельно допустимая концентрация по санитарным нормам);
- не более $2,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ при выполнении любых видов работ с доступом работников в защитных средствах дыхания внутрь резервуара (ПДВК - предельно допустимая взрывобезопасная концентрация).

При отсутствии нормативных значений ПДВК ее значение можно определить по следующей формуле:

$$\text{ПДВК} = \varphi_{\text{нп}}^* / 20, \quad (4.1)$$

где $\varphi_{\text{нп}}^*$ - нижний концентрационный предел распространения пламени, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Одним из наиболее распространенных методов дегазации взрывопожароопасных паров является вентилирование. В первом приближении период окончания дегазации можно определить по следующему уравнению

$$\tau = \eta \frac{V_{\text{ан}}}{q_{\text{с}}} L n \frac{\varphi_{\text{нач}}}{\text{ПДВК}}, \quad (4.2)$$

где τ – время продувки, с;

η – коэффициент, учитывающий физико-химические свойства ЛВЖ и количество остатка ЛВЖ;

$V_{ап}$ – объем аппарата, м³;

q_v – расход воздуха, подаваемого на продувку, м³/с;

$\varphi_{нач}$ – начальная концентрация паров ЛВЖ в аппарате, кг·м⁻³.

Экспериментальное определение концентрации паров при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ

Приведение технологического оборудования во взрывобезопасное состояние может осуществляться дегазацией взрывоопасной концентрации посредством вентилирования. Окончание периода вентилирования определяют экспериментально.

Опыты по определению концентрации паров в аппарате с пожароопасной жидкостью проводят на лабораторной установке, схема которой показана на рис. 4.1.

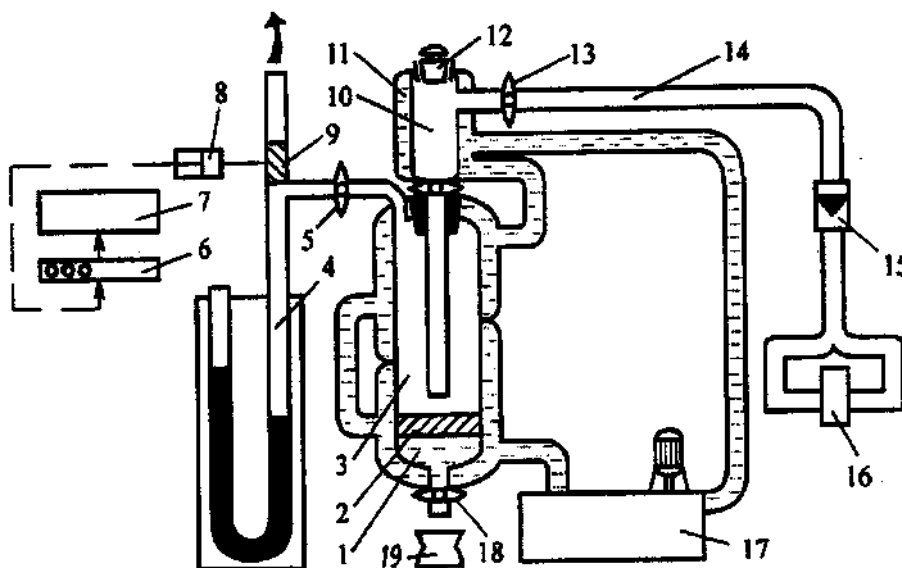


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки для изучения закономерностей изменения концентраций паров при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ

1 – водяная подушка; 2 – остаток жидкости; 3 – экспериментальный сосуд; 4 – U-образный манометр; 5, 13, 18 – краны; 6 – прибор газового анализа; 7 – потенциометр КСП; 8 – шприц для отбора проб на газовый анализ; 9 – вакуумная резинка; 10 – сосуд для подогрева вводимой жидкости; 11 – водяная рубашка; 12 – стеклянная пробка; 14 – линия подачи воздуха; 15 – ротаметр; 16 – микрокомпрессор; 17 – термостат; 19 – емкость

В экспериментальный сосуд 3 объемом $7,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ залита водяная подушка 1 для создания ровной поверхности испарения пожароопасной жидкости 2. Термостат 17 обеспечивает поддержание температурного режима в экспериментальном сосуде 3 путем прокачки нагретой воды через водяную рубашку 11. Микрокомпрессор 16 подает воздух в газовое пространство экспериментального сосуда. Расход воздуха регулируется игольчатым клапаном, который установлен на ротаметре 15. U-образный манометр 4 позволяет контролировать правильность положения краников при вентиляции экспериментального сосуда.

Паровоздушная смесь из экспериментального сосуда удаляется в систему вытяжной вентиляции. При этом производится периодический отбор паровоздушной пробы шприцем 8 через вакуумную резинку 9 для газового анализа.

Порядок выполнения работы

1. Записать название работы и цель работы.
2. Изложить основные положения, регламентирующие пожарную безопасность подготовки технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ;
3. Нарисовать схему лабораторной установку
4. Заготовить в тетради журнал испытаний по следующей форме:

Ж У Р Н А Л

результатов измерения концентраций паров ЛВЖ
при вентилировании технологического аппарата

Объем аппарата, $V_{\text{ап}} = 7,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.

Наименование ЛВЖ _____.

Остаток ЛВЖ:

- $V_{\text{ж}} = \text{_____ мл};$
- $V_{\text{жс}} = \text{_____ м}^3.$

Молярная масса ЛВЖ, $M_{\text{ж}} = \text{_____ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}.$

Нижний концентрационный предел распространения пламени,

- $\varphi_{\text{ни}}^c = \text{_____ \% об.},$
- $\varphi_{\text{ни}}^* = \text{_____ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$

Предельно допустимая взрывобезопасная концентрация,

$$\text{ПДВК} = \text{---} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Расход воздуха при вентилировании,

- $q_v = \text{---}$ литр / мин;
- $q_v = \text{---} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

Таблица 4.1

Результаты измерений концентрации паров в удаляемой смеси

Продолжительность вентилирования, мин	0	1	3	5	10	15	20
Концентрация паров в удаляемой смеси $\varphi_{п-р} \cdot 10^3, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$							

2. По указанию преподавателя получить у лаборанта исследуемую ЛВЖ и записать в журнал:

- количество остатка ЛВЖ;
- расход воздуха.

3. По справочной литературе определить показатели пожаровзрывоопасности ЛВЖ и внести их в журнал.

4. Перевести значение $\varphi_{нп}^c$, выраженное в % об., в $\text{кг} / \text{м}^3$ по следующей формуле

$$\varphi_{нп}^* = 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi_{нп}^c \cdot M_{жс}. \quad (4.3)$$

5. Провести эксперимент по определению концентраций паров в удаляемой паровоздушной смеси (при вентиляции аппарата).

Методика проведения эксперимента заключается в выполнении следующих действий:

- проверить: кран 18 (см. рис. 4.1) должен быть в положении "Закрыто", остальные краны в положении "Открыто"; наличие водяной подушки в экспериментальном сосуде;
- специальным шприцем забрать заданное количество указанной ЛВЖ, открыть пробку 12 (см. рис. 4.1) и ввести жидкость в экспериментальный сосуд;
- включить микрокомпрессор 16 (см. рис. 4.1) для продувки экспериментального сосуда;
- установить заданный преподавателем расход воздуха;
- сразу после установления расхода воздуха отобрать пробу через вакуумную трубку с помощью шприца для газового анализа. Через каждые 5 мин проводить газовый анализ;

- опыт прекратить при снижении концентрации паров пожароопасной жидкости до значения ПДВК или меньше.

6. По полученным данным построить график изменения концентрации паров ЛВЖ от продолжительности вентилирования.

7. Определить значение коэффициента η , учитывающего физико-химические свойства ЛВЖ и количество остатка ЛВЖ

$$\eta = \frac{\tau q_s}{V_{an} L n \frac{\varphi_{нач}}{ПДВК}} \quad (4.4)$$

При расчете η , значения величин, входящих в формулу (4.4), должны быть приняты в системе СИ.

8. На основании обработки полученных экспериментальных данных (значение коэффициента η) написать уравнение, позволяющее определить период окончания дегазации. Для этого в формулу (4.2) подставить численное значение коэффициента η .

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите основные причины пожаров при подготовке резервуаров к проведению временных огневых работ.

2. Какую долю от всех зарегистрированных пожаров в резервуарных парках составляют пожары при подготовке резервуаров к проведению временных огневых работ?

3. В чем особенности пожарной опасности процесса подготовки оборудования к проведению временных огневых работ?

4. Какие основные комплексы мер пожарной безопасности при подготовке оборудования к проведению временных огневых работ должны быть предусмотрены при составлении наряда-допуска?

5. Укажите примерное значение концентрации паров нефтепродуктов, связанных с выполнением любых видов работ работниками без защитных средств в резервуаре.

6. Укажите примерное значение концентрации паров нефтепродуктов, связанных с выполнением любых видов работ работниками в защитных средствах дыхания в резервуаре.

7. Напишите формулу, по которой можно определить предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию.

8. Напишите формулу, по которой можно определить количество воздуха, поданного на вентилирование аппарата.

9. Напишите формулу, по которой можно определить число воздухообмена



Работа № 5.
Расчет параметров,
характеризующих пожарную опасность
распространения пожара на РВС с ЛВЖ,
расположенный рядом с горящим РВС

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

Постановка задачи

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.

Задание

1. Записать название работы, а также постановку задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить основные параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

3. Изучить порядок выполнения работы и произвести расчеты параметров, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

4. Обсудить результатов расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие повышение устойчивости к развитию пожара технологии хранения ЛВЖ в резервуарах, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

6. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения, обеспечивающего защиту от распространения пожара.

Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим РВС

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. 5.1.

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 $\sigma_{пч}$.

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;

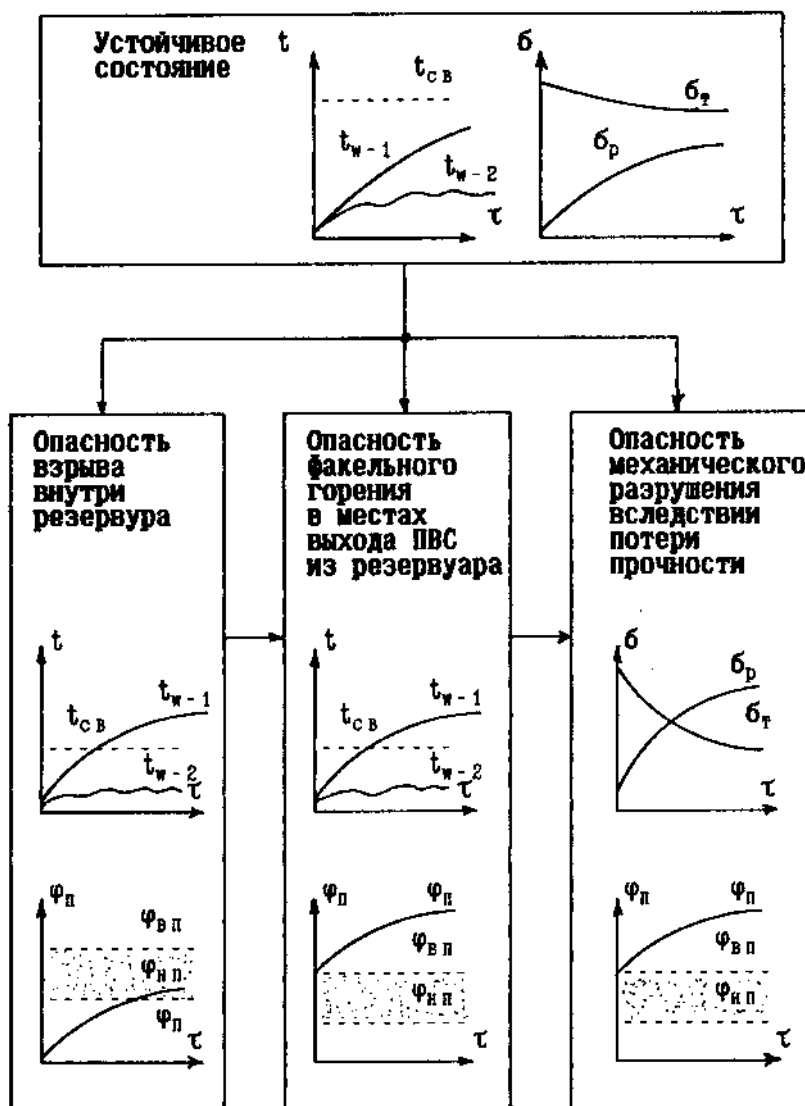


Рис. 5.1. Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Опасность разрушения резервуара с ЛВЖ вследствие потери прочности характеризуется выполнением следующего условия: рабочие напряжения σ_r , 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.

Рис. 5.2. Экспериментальные исследования, проведенные Академией ГПС МЧС России, по изучению пожарной опасности резервуара, расположенного 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, Вт·м⁻², которую факел пламени горящей ЛВЖ имеет в штиль, можно определить по следующей формуле:

$$q_{\phi} = (335 + 7112 / d_p) m_{\text{выг}} \cdot 10^3, \quad (5.1)$$

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

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

$$h_{\phi} = 42 d_p \left(\frac{m_{\text{выг}}}{\rho_{\text{в}} \sqrt{g d_p}} \right)^{0,61}, \quad (5.2)$$

где $\rho_{\text{в}}$ - плотность воздуха, кг·м⁻³ (допускается принимать $\rho_{\text{в}}=1,2$ кг·м⁻³); g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м·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:

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

$$q_w = q_{\phi} \varphi_n. \quad (5.3)$$

Коэффициент облученности φ_n для элементарной площадки соседнего резервуара, расположенного по нормали к основанию факела пламени, определяем на основании расчетной схемы, показанной на рис. 5.3, по формуле

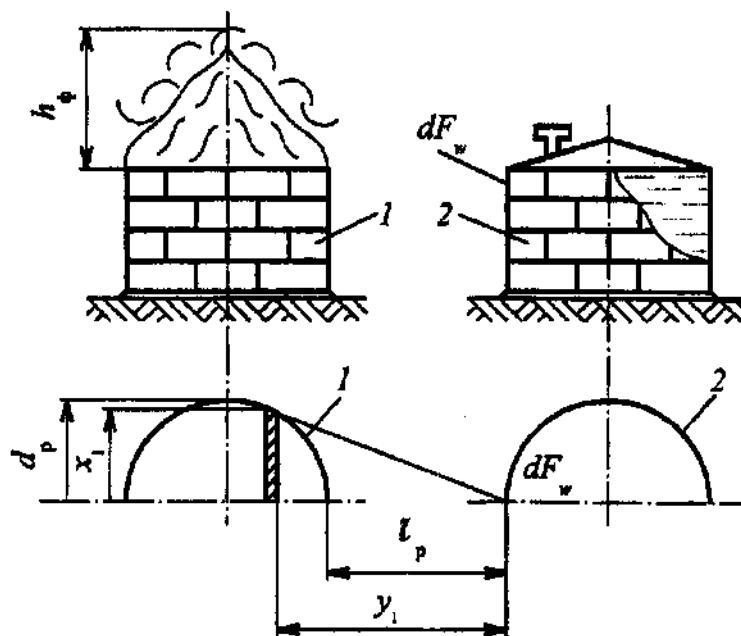
$$\varphi_n = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right), \quad (5.4)$$

где $B_1 = x_1/2y_1;$ (5.5)

$$C_1 = h_{\phi}/y_1. \quad (5.6)$$

Рис. 5.3. Расчетная схема к определению температуры элемента конструкции РВС, расположенного рядом с горящим РВС:

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



Значения x_1 и y_1 (см. рис. 5.3) определяют по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{2d_p \sqrt{l_p(l_p + d_p)}}{d_p + 2l_p}; \quad (5.7)$$

$$y_1 = \sqrt{l_p(l_p + d_p) - (0,5x_1)^2}. \quad (5.8)$$

Возможность и продолжительность нагрева
элемента конструкции резервуара до температуры самовоспламенения

Максимальная температура элемента конструкции резервуара

$$t_{w-\max} = \sqrt{4900 + 6,8q_w} - 70 + t_f, \quad (5.9)$$

где t_f – температура окружающей среды, °С.

Если выполняется условие

$$t_{w-\max} \geq 0,8t_{ce}, \quad (5.10)$$

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.

$$\alpha = \frac{0,95q_w}{2(t_{w-\max} - t_f)}. \quad (5.11)$$

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

$$t_w = \frac{0,95q_w}{2\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{1,28\alpha\tau}{c_w\rho_w\delta_w}\right) \right] + t_f, \quad (5.12)$$

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. 5.4), 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.

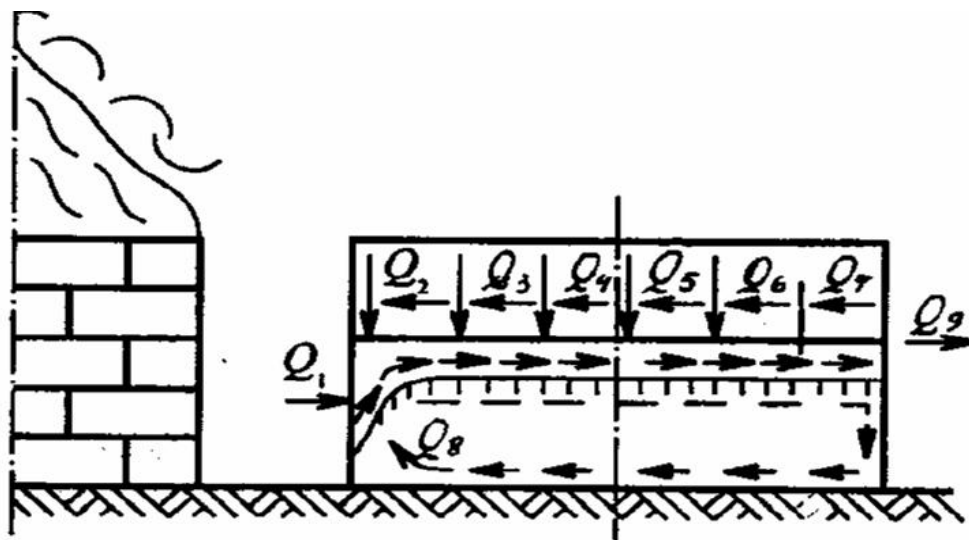


Рис. 5.4. Схема гидродинамических и тепловых потоков, формирующих нагретый поверхностный слой:

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 —

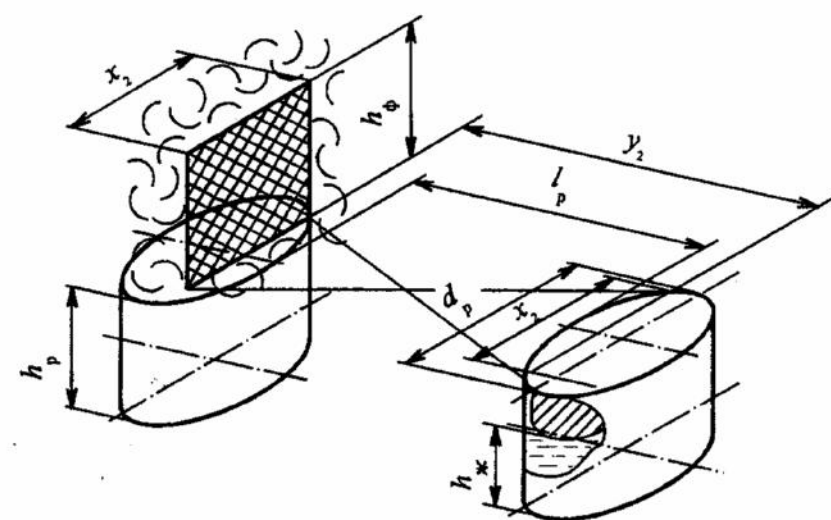
количество тепла, теряемого на испарение ЛВЖ; Q_7 – количество тепла, передаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ к нижележащим слоям ЛВЖ посредством теплопроводности; Q_8 – количество тепла, отдаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ основной массе ЛВЖ путем частичного смешивания; Q_9 – количество тепла, отдаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ в окружающий воздух

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. 5.5):

$$\varphi_1 = \varphi_n \exp \left[6,88 \left(0,5 h_{жс} / h_p - 1 \right) \exp \left(-2,44 y_2 / x_2 \right) \right]; \quad (5.13)$$



видимости

Рис. 5.5.
Расчетная схема

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

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

$$x_2 = \frac{d_p \sqrt{l_p (l_p + 2d_p)}}{l_p + d_p}; \quad (5.14)$$

$$y_2 = \frac{l_p(l_p + 2d_p)}{l_p + d_p}; \quad (5.15)$$

- площадь облучаемой стенки резервуара, м², ограничивающей жидкость,

$$f_1 = x_2 h_{жс}; \quad (5.16)$$

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

$$Q_1 = 0,86 q_{\phi} \varphi_1 f_1. \quad (5.17)$$

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. 5.5),

$$\varphi_2 = \varphi_n \exp \left[3,44(h_{жс}/h_p - 1) \exp(-2,44y_2/x_2) \right]; \quad (5.18)$$

- площадь облучаемой стенки резервуара, м², ограничивающей газовое пространство,

$$f_2 = x_2 (h_p - h_{жс}); \quad (5.19)$$

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

$$Q_2 = 0,47 q_{\phi} \varphi_2 f_2. \quad (5.20)$$

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. 5.5)

$$\varphi_3 = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{1}{\sqrt{1+B_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \arcsin \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \right); \quad (5.21)$$

- вспомогательные величины B_2 и C_2 рассчитывают по формулам

$$B_2 = \frac{y_2 + d_p + l_p}{x_2}; \quad (5.22)$$

$$C_2 = \frac{2h_\phi}{x_2}; \quad (5.23)$$

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

$$f_3 = f_{\text{ж}} = \frac{\pi d_p^2}{4}; \quad (5.24)$$

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

$$Q_3 = 0,28 q_\phi \phi_3 f_3. \quad (5.25)$$

Температура поверхностного слоя ЛВЖ

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

$$t_{\text{п.сл}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\alpha_{\text{пр}} f_3} \left[1 - \exp \left(- \frac{\alpha_{\text{пр}} \tau}{c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} (h_{\text{п}} - h_{\text{ж}}) + c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}} \delta_{\text{ж}}} \right) \right] + t_{\text{ж}}, \quad (5.26)$$

где $c_{\text{п}}$ - теплоемкость паровоздушной смеси, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{\text{п}} = 1010 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

$\rho_{\text{п}}$ - плотность паровоздушной смеси, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $\rho_{\text{п}} = 1,21 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$c_{\text{ж}}$ - теплоемкость ЛВЖ, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{\text{ж}} = 2000 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

$\rho_{\text{ж}}$ - плотность ЛВЖ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$t_{\text{ж}}$ - температура основной массы ЛВЖ в резервуаре, $^{\circ}\text{C}$;

$h_{\text{п}}$ - высота резервуара, м;

$h_{\text{ж}}$ - уровень разлива ЛВЖ в резервуаре, м.

По результатам экспериментальных исследований, выполненных в Академии ГПС МЧС России, среднее значение приведенного коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{пр}}$ составило $33,6 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, 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.
2. Создание условий для быстрой локализации и ликвидации пожара.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить исходные данные по следующей форме:

Сведения о горящем резервуаре:

- диаметр, $d_p =$ _____ м; высота, $h_p =$ _____ м;
- наименование ЛВЖ – _____

Сведения о резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром:

- диаметр, $d_p =$ _____ м; высота, $h_p =$ _____ м.
- толщина стенки верхнего пояса резервуара, $\delta_w =$ _____ м;
- расстояние между резервуарами, $l_p =$ _____ м;
- наименование ЛВЖ _____
- плотность ЛВЖ, $\rho_{жс} =$ _____ кг·м⁻³;
- уровень разлива ЛВЖ в резервуаре, $h_{жс} =$ _____ м;
- температура окружающей среды, $t_f =$ _____ °С;
- температура основной массы, ЛВЖ, $t_{жс} =$ _____ °С;
- температурные пределы распространения пламени:
нижний $t_{нп} =$ _____ °С, верхний $t_{вп} =$ _____ °С;
- температура самовоспламенения, $t_{св} =$ _____ °С.

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

- 2.1. Термические и геометрические параметры факела пожара:

- максимальная среднеповерхностная плотность излучения (формула (5.2));
- высота факела пламени (формула (5.3)).

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

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 5.3.

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

- вспомогательные величины: x_l ; y_l ; B_l ; C_l (формулы (5.7; 5.8; 5.5; 5.6));
- коэффициент облученности (формула (5.4));

- плотность падающего теплового потока (формула (5.3)).

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

- (формула (5.9)) - максимальная температура элемента конструкции резервуара.

Примечание. На этом этапе расчета могут быть два варианта продолжения расчета.

1) Если не выполняется условие (5.10), то расчет прекращают и делают заключение, руководствуясь, рис. 5.1 и комментариями к нему.

2) Если выполняется условие (5.10), то расчет продолжают.

- коэффициент теплоотдачи (формула (5.11));
- температура элемента конструкции через τ , с, облучения (формула (5.12)).
- результаты расчетов заносят в табл. 5.1.

Таблица 5.1

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

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

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

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 5.5.

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 (5.14; 5.15));
- коэффициент облученности (формула (5.13)) ;
- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей ЛВЖ (формула (5.16));
- количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем (формула (5.17)).

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

- коэффициент облученности (формула (5.18));
- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей газовое пространство (формула (5.19));
- количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой (формула (5.20)).

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 (5.22; 5.23));
- коэффициент облученности (формула (5.21));
- площадь крыши резервуара (формула (5.24));
- количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара (формула (5.25)).

II – этап расчета. Температура поверхностного слоя ЛВЖ.

- температура поверхностного слоя ЛВЖ через τ , с, облучения (формула (5.26));
- результаты последующих расчетов заносят в табл.5.1.

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

По оси абсцисс (рис. 5.6) откладывают шкалу "Продолжительность теплового воздействия, мин", а по оси ординат - шкалу "Температура, °С". На график наносят справочные значения $t_{св}$, $t_{нп}$ и $t_{вп}$.

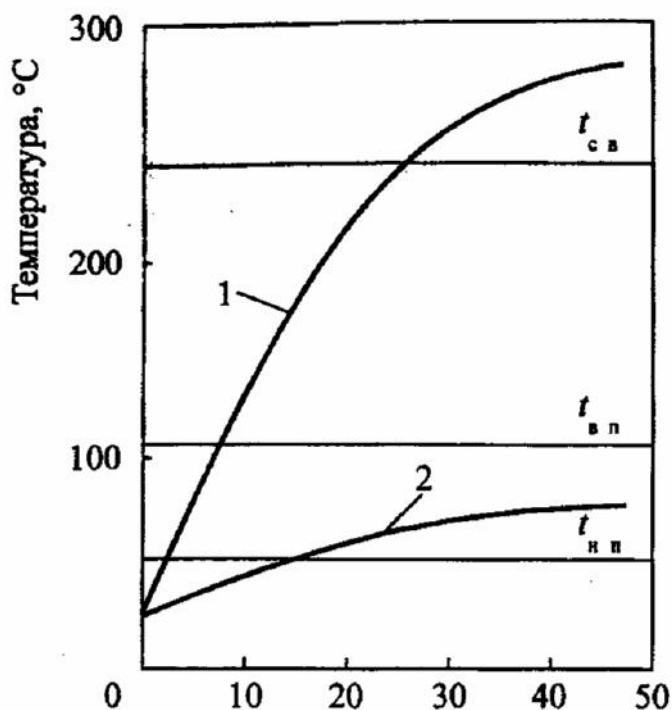


Рис. 5.6. Пример рисунка «Изменение параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром»:

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

По данным табл. 5.1 строят кривые, описывающие изменения температуры опасного элемента конструкции или оборудования резервуара, а также температуры поверхностного слоя ЛВЖ.

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

$$\begin{aligned} t_{нп} &\leq t_{п.сл} \leq t_{вп}; \\ t_w &\geq 0,8 t_{св}; \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{п.сл} &> t_{вп}; \\ t_w &> 0,8 t_{св}. \end{aligned}$$

Вопросы для подготовки к защите работы

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?

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

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, $m_{\text{выг}} = 7,89 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

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, $\rho_{\text{жс}} = 702,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;
- уровень взлива ЛВЖ в резервуаре, $h_{\text{жс}} = 4,0$ м;
- температура окружающей среды, $t_f = 24$ °С;
- температура основной массы ЛВЖ, $t_{\text{жс}} = 24$ °С;
- температура самовоспламенения, $t_{\text{св}} = 215$ °С.

Расчет

Термические и геометрические параметры факела пожара

Максимальная среднеповерхностная плотность излучения

$$q_{\Phi} = (335 + 7112 / d_p) m_{\text{выг}} \cdot 10^3 = \\ = (335 + 7112 / 7,6) 7,89 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 = 75485 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Высота факела пламени, м

$$h_{\Phi} = 42 d_p \left(\frac{m_{\text{выг}}}{\rho_v \sqrt{g d_p}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 7,6 \left(\frac{7,89 \cdot 10^{-2}}{1,2 \sqrt{9,81 \cdot 7,6}} \right)^{0,61} = 13,7 \text{ м}.$$

Температура локального участка стенки резервуара,
расположенного рядом с горящим

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

Падающий тепловой поток

Коэффициент облученности φ_n для элементарной площадки соседнего резервуара, расположенного по нормали к основанию факела пламени, определяем на основании расчетной схемы, показанной на рис. 5.2, по следующему алгоритму:

$$x_1 = \frac{2d_p \sqrt{l_p(l_p + d_p)}}{d_p + 2l_p} = \frac{2 \cdot 7,6 \sqrt{2,0(2,0 + 7,6)}}{7,6 + 2 \cdot 2,0} = 7,54 \text{ м}.$$

$$y_1 = \sqrt{l_p(l_p + d_p) - (0,5x_1)^2} = \sqrt{2,0(2,0 + 7,6) - (0,5 \cdot 7,54)^2} = 2,23 \text{ м}.$$

$$B_1 = x_1 / 2y_1 = 7,54 / 2 \cdot 2,23 = 1,69.$$

$$C_1 = h_{\Phi} / y_1 = 13,7 / 2,23 = 6,14.$$

$$\varphi_n = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right) = \\ = \frac{1}{3,14} \left(\frac{1,69}{\sqrt{1+1,69^2}} \arcsin \frac{6,14}{\sqrt{1+1,69^2+6,14^2}} + \frac{6,14}{\sqrt{1+6,14^2}} \arcsin \frac{1,69}{\sqrt{1+1,69^2+6,14^2}} \right) = 0,43.$$

Плотность падающего теплового потока на элемент конструкции облучаемого резервуара, расположенной по нормали к основанию факела пожара

$$q_w = q_{\phi} \varphi_n = 75485 \cdot 0,43 = 32458 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Возможность и продолжительность нагрева
элемента конструкции резервуара до температуры самовоспламенения

Максимальная температура элемента конструкции резервуара

$$t_{w-\max} = \sqrt{4900 + 6,8q_w} - 70 + t_f \\ = \sqrt{4900 + 6,8 \cdot 32458} - 70 + 24 = 429 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Так как условие

$$t_{w-\max} \geq 0,8 \cdot t_{св} = 0,8 \cdot 215 = 172 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

выполняется, то считаем, что элемент конструкции облучаемого резервуара может послужить источником зажигания, и определяют текущую температуру.

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \frac{0,95q_w}{2(t_{w-\max} - t_f)} = \frac{0,95 \cdot 32458}{2(429 - 24)} = 38,06 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Температура элемента конструкции через 60 с (1 мин) облучения, $^{\circ}\text{C}$,

$$t_w = \frac{0,95q_w}{2\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{1,28\alpha\tau}{c_w\rho_w\delta_w}\right) \right] + t_f = \\ = \frac{0,95 \cdot 32458}{2 \cdot 38,06} \left[1 - \exp\left(-\frac{1,28 \cdot 38,06 \cdot 1 \cdot 60}{500 \cdot 7800 \cdot 0,003}\right) \right] + 24 = 113 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Результаты расчетов заносят в табл.

Таблица

**Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара
на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром**

Температура, $^{\circ}\text{C}$,	Продолжительность теплового воздействия, мин						
	0	1	3	5	10	15	20
элемента конструкции РВС	24	113	237	312	395	419	426

поверхностного слоя ЛВЖ	24	30,7	43,7	56,1	84,7	110,1	132,7
----------------------------	----	------	------	------	------	-------	-------

Количество тепла,
подводимого к поверхностному слою ЛВЖ

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

- о вспомогательные величины, необходимые для расчета коэффициента облученности

$$x_2 = \frac{d_p \sqrt{l_p(l_p + 2d_p)}}{l_p + d_p} = \frac{7,6 \sqrt{2,0(2,0 + 2 \cdot 7,6)}}{2,0 + 7,6} = 4,64 \text{ м.}$$

$$y_2 = \frac{l_p(l_p + 2d_p)}{l_p + d_p} = \frac{2,0(2,0 + 2 \cdot 7,6)}{2,0 + 7,6} = 3,17 \text{ м.}$$

- о коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, контактирующей с ЛВЖ

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_n \exp[6,88(0,5h_{ж}/h_p - 1,0) \exp(-2,44y_2/x_2)] = \\ &= 0,43 \exp[6,88(0,5 \cdot 4,0/6,0 - 1,0) \exp(-2,44 \cdot 3,17/4,64)] = 0,18; \end{aligned}$$

- о площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей ЛВЖ,

$$f_1 = x_2 h_{ж} = 4,64 \cdot 4,0 = 18,56 \text{ м}^2;$$

- о количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем ЛВЖ

$$Q_1 = 0,86 q_{\Phi} \varphi_1 f_1 = 0,86 \cdot 75485 \cdot 0,18 \cdot 18,56 = 216875 \text{ Вт}$$

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

- о коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, ограничивающей газовое пространство резервуара

$$\varphi_2 = \varphi_n \exp[3,44(h_{жс}/h_p - 1) \exp(-2,44 y_2/x_2)] =$$

$$= 0,43 \exp[3,44(4,0/6,0 - 1) \exp(-2,44 \cdot 3,17/4,64)] = 0,346$$

- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей газовое пространство

$$f_2 = x_2 (h_p - h_{жс}) = 4,64 (6,0 - 4,0) = 9,28 \text{ м}^2$$

- количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой

$$Q_2 = 0,47 q_{\phi} \varphi_2 f_2 = 0,47 \cdot 75485 \cdot 0,346 \cdot 9,28 = 113915 \text{ Вт.}$$

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

- вспомогательные величины B_2 и C_2

$$B_2 = \frac{y_2 + d_p + l_p}{x_2} = \frac{3,17 + 6,0 + 2,0}{4,64} = 2,4;$$

$$C_2 = \frac{2h_{\phi}}{x_2} = \frac{2 \cdot 13,7}{4,64} = 5,9$$

- коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой крыши резервуара

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

$$= \frac{1}{3,14} \left(\arcsin \frac{1}{\sqrt{1+2,4^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+5,9^2}} \arcsin \frac{1}{\sqrt{1+5,9^2}} \right) = 0,117$$

- площадь крыши резервуара принимают равной площади поверхности зеркала испарения ЛВЖ

$$f_3 = f_{жс} = \frac{\pi d_p^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7,6^2}{4} = 45,36 \text{ м}^2;$$

- количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара

$$Q_3 = 0,28 q_{\Phi} \Phi_3 f_3 = 0,28 \cdot 75485 \cdot 0,117 \cdot 45,36 = 112170 \text{ Вт.}$$

Температура поверхностного слоя ЛВЖ через 60 с (1 мин) облучения

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

$$= \frac{216875 + 113915 + 112170}{33,6 \cdot 45,36} \left[1 - \exp \left(- \frac{33,6 \cdot 60}{1010 \cdot 1,21(6,0 - 4,0) + 2000 \cdot 702 \cdot 0,053} \right) \right] + 24 = 30,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Результаты последующих расчетов температуры поверхностного слоя ЛВЖ представлены в табл.



Работа № 6.

Экспериментальное исследование пожарной опасности повышения давления в аппарате, полностью заполненной жидкостью

Цель работы: закрепление теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем, методами экспериментальных исследований, привитие навыков самостоятельного анализа и обобщения данных, опыта работы с лабораторным оборудованием, компьютерами, аппаратурой, приборами.

Постановка задачи

При оценке пожарной опасности технологической системы необходимо проанализировать причины разгерметизации технологической системы, приводящих к аварийному выходу пожароопасных веществ наружу.

Причины разгерметизации технологической системы, приводящие к аварийному выходу пожароопасных веществ наружу, по своей природе могут быть самыми разнообразными. Наиболее опасная причина - нагревание герметичных аппаратов и трубопроводов с жидкостями выше установленного предела, когда в них создается повышенное давление, которое способно вызвать разгерметизацию технологической системы.

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод экспериментального исследования пожарной опасности повышения давления в герметичном

аппарате, полностью заполненном жидкостью, при воздействии тепла окружающей среды.

Задание

1. Записать название, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить основные положения, характеризующие пожарную опасность разгерметизации аппарата, полностью заполненного пожароопасной жидкостью, при воздействии тепла окружающей среды; устройство лабораторной установки; порядок выполнения работы. Нарисовать схему лабораторной установки.

3. Провести эксперимент по определению изменения давления при нагревании в экспериментальных сосудах.

4. Аналитическим путем для сосуда, полностью заполненного жидкостью, определить давление.

5. Сделать выводы по результатам аналитического и экспериментального определения давления в сосуде, полностью заполненном жидкостью, при воздействии тепла окружающей среды.

6. Определить максимально допустимую степень заполнения емкости, если максимально возможная амплитуда колебаний температуры жидкости в сосуде будет составлять (принимается по указанию преподавателя).

7. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие защиту от возникновения аварийных ситуаций технологии хранения ЛВЖ в резервуарах, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

8. Сформулировать меры пожарной безопасности, направленные на предотвращение повышения давления в технологической системе при воздействии тепла окружающей среды.

Основные положения пожарной опасности при повышении давления в аппарате

Повышение давления в герметичных аппаратах, полностью заполненные пожароопасной жидкостью или сжиженным газом является сложным процессом, так как сопровождается одновременно не только увеличением объема жидкости, но и приращением вместимости самого аппарата в результате упругого и термического расширения его стенок. При этом объем жидкости изменяется в большей степени по сравнению с

увеличением размеров самого аппарата. Поэтому нагревание технологической системы, полностью заполненной жидкостью или сжиженными газами, даже в пределах суточных колебаний температуры окружающего воздуха может создать давление, которое приведет к разгерметизации системы.

Давление, создаваемое жидкостью в полностью заполненном аппарате P_k при тепловом воздействии на систему, определяют по формуле

$$P_k = P_n + \Delta P, \quad (6.1)$$

где P_n - начальное давление жидкости в аппарате, МПа; ΔP - приращение давления, МПа.

Приращение давления в герметичном нагреваемом аппарате, полностью заполненном жидкостью (без учета изменения размеров аппарата), можно определить по формуле

$$\Delta P = \frac{\beta_p}{\beta_{сж}} \Delta T, \quad (6.2)$$

где β_p - коэффициент объемного расширения жидкости, K^{-1} ; $\beta_{сж}$ - коэффициент объемного сжатия жидкости, $МПа^{-1}$; ΔT - изменение температуры, К.

Коэффициент объемного расширения зависит от температуры жидкости. При отсутствии справочных данных о значении коэффициента объемного расширения жидкости или сжиженного газа его можно определить из соотношения изменения плотности при повышении температуры

$$\beta_p = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 \Delta T}, \quad (6.3)$$

где ρ_1 и ρ_2 - плотность жидкости до и после нагрева соответственно.

Значение этого коэффициента для воды, описывается зависимостью

$$\beta_p = \left[4,5 + 1,1 \left(\frac{T_n + T_k}{2} - 283 \right)^{0,975} \right] 10^{-5}, \quad (6.4)$$

где T_n , T_k - начальная и конечная температуры жидкости в интервале нагрева соответственно, К.

В широких интервалах температуры и давления коэффициент объемного сжатия для воды сохраняет почти постоянное значение и может быть принят равным $4,97 \cdot 10^{-4}$, МПа⁻¹.

Лабораторная установка

Лабораторная установка (рис. 6.1) моделирует воздействие солнечной радиации и тепла окружающей среды при колебаниях суточной температуры окружающего воздуха.

Установка состоит из трех стальных одинаковых сосудов высокого давления. Экспериментальный сосуд 7 полностью заполнен водой. Экспериментальный сосуд 5 заполнен водой на 80 % объема. Контрольный сосуд 6 предназначен для измерения температуры жидкости внутри сосуда. Термостат 8 обеспечивает моделирование воздействия тепла окружающего воздуха на сосуды, заполненные жидкостью.

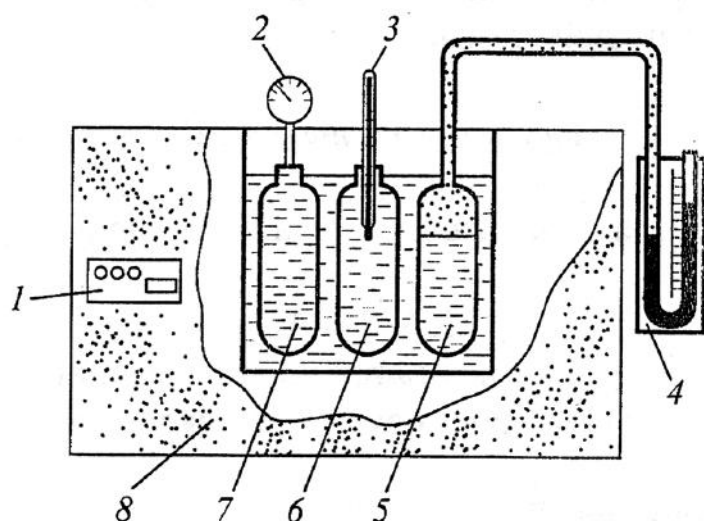


Рис. 6.1. Схема лабораторной установки:

1 — пульт управления; 2 — манометр; 3 — термометр; 4 — U-образный манометр; 5 — сосуд, частично заполненный водой; 6 — контрольный сосуд; 7 — сосуд, полностью заполненный водой; 8 — термостат

Способы и приемы обеспечения пожарной безопасности

При увеличении температуры жидкости профилактика защиты от разгерметизации оборудования достигается созданием в аппаратах пространства, свободного от жидкости. В этом случае давление в аппарате не может быть больше давления насыщенных паров жидкости при данной температуре. Свободное пространство выполняет функцию компенсатора при тепловом расширении жидкости.

Максимально допустимую степень заполнения (ϵ) емкостей и резервуаров можно определить по формуле

$$\varepsilon = 1 - \beta_p \Delta T_{max}, \quad (6.5)$$

где ΔT_{max} – максимально возможная амплитуда колебаний температуры жидкости в сосуде, К.

При этом минимальный размер пространства, свободного от жидкости $V_{св}$, должен составлять

$$V_{св} = V_{ан} (1 - \varepsilon), \quad (6.6)$$

где $V_{ан}$ - объем аппарата, м³.

Порядок выполнения работы

1. Заготовить в тетради журнал испытаний по следующей форме.

Ж У Р Н А Л результатов опытов по определению давления в сосудах с жидкостью

Начальная температура, $T_n = \underline{\hspace{2cm}}$ К.

Конечная температура, $T_k = \underline{\hspace{2cm}}$ К.

Шаг изменения температуры теплоносителя, $\Delta T = \underline{\hspace{2cm}}$ К.

Таблица 6.1

Результаты измерений и расчетов

Определяемый параметр		Номер опыта				
		1	2	3	4	5
Экспериментальные данные						
Температура внутри сосуда	°С					
	К					
Давление в сосуде, частично заполненном жидкостью	мм вод.ст.					
	Па					
Давление в сосуде, полностью заполненном жидкостью	кг·см ⁻²					
	МПа					
Расчетные данные для сосуда, полностью заполненного жидкостью						
Температура начальная, К						
Температура конечная, К						
Коэффициент объемного расширения жидкости, 1/К						
Приращение давления, МПа						
Начальное давление, МПа						
Конечное давление, МПа						

2. Установить начальную температуру теплоносителя по указанию преподавателя. При достижении температурой жидкости в экспериментальном сосуде температуры теплоносителя записать результаты измерения давления.

3. В соответствии с заданным шагом изменения температуры теплоносителя установить последующее значение температуры. Показания манометра записываются после достижения температурой жидкости в сосуде температуры теплоносителя.

4. После окончания опытов выключить систему нагрева термостата и перевести в режим охлаждения при помощи подачи воды в змеевик охлаждения.

5. Результаты изменений давления и температуры перевести в СИ.

6. Для сосуда, полностью заполненного жидкостью, аналитическим путем определить давление при нагревании для каждого опыта по следующему алгоритму:

- коэффициент объемного расширения жидкости (формула (6.4));
- значение приращения давления (формула (6.2));
- конечное давление (формула (6.1));

7. По результатам опыта и аналитических расчетов для сосуда, полностью заполненного жидкостью, построить графики: $P_{\text{оп}} = f(T)$; $P_{\text{расч}} = f(T)$.

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите причины разгерметизации технологической системы, приводящих к аварийному выходу пожароопасных веществ наружу

2. Укажите меры пожарной безопасности, направленные на предотвращение повышения давления в технологической системе при воздействии тепла окружающей среды.

3. Напишите формулу, по которой можно определить максимально допустимую степень заполнения аппарата жидкостью, если известна максимально возможная амплитуда колебаний температуры

4. Напишите формулу, по которой можно определить давление, создаваемое жидкостью в полностью заполненном аппарате при нагревании

5. Как перевести показания манометра, выраженное в кг/см^2 в МПа?

6. Как можно объяснить повышения давления в аппарате, полностью заполненном жидкостью, если известно, что все тела при нагревании расширяются?



Работа №. 7.

Экспериментальное исследование геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ

Цель работы: закрепление теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем методами экспериментальных исследований, привитие навыков самостоятельного анализа и обобщения данных, опыта работы с лабораторным оборудованием, компьютерами, аппаратурой, приборами.

Постановка задачи

Повреждения аппаратов и трубопроводов могут носить местный, т. е. локальный, характер (образование трещин, свищей, сквозных отверстий от коррозии, прогары теплообменной поверхности, выжимание прокладок фланцевых соединений и т. п.), но может происходить и полное разрушение аппарата или трубопровода. В первом случае через образовавшееся отверстие почти под постоянным давлением ЛВЖ и ГЖ (в дальнейшем ЛВЖ) в виде струи жидкости будет выходить наружу. Во втором случае все содержимое аппарата сразу выйдет наружу и, кроме того, будет продолжаться истечение ЛВЖ из соединенных с ним трубопроводов.

Основными геометрическими параметрами, характеризующими пожарную опасность разлива ЛВЖ, являются:

- площадь разлива ЛВЖ;
- коэффициент разлива ЛВЖ;
- радиус разлива ЛВЖ;
- толщина слоя разлившейся ЛВЖ.

Здесь в настоящей работе отрабатываются методы экспериментального исследования геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ, предусмотренные нормативными документами по пожарной безопасности: ГОСТ Р 12.3. 047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»; НПБ 105–03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить метод экспериментального определения геометрических параметров, характеризующих пожарную опасность разлива ЛВЖ по твердым поверхностям (площадь разлива, радиус разлива, коэффициент разлива и др.), лабораторную установку; порядок выполнения работы.

3. Изложить основные положения метода экспериментального определения коэффициента разлива ЛВЖ. Нарисовать схему лабораторной установки и заготовить журнал испытаний по разливу ЛВЖ.

4. Провести эксперимент по разливу заданной ЛВЖ на стекле (количество опытов задает преподаватель) и обработать экспериментальные данные.

5. Провести эксперимент по разливу этой же ЛВЖ по поверхности реального тела и обработать экспериментальные данные.

6. На основании полученных экспериментальных данных написать уравнения, позволяющие определить:

- площадь и радиус разлива ЛВЖ по стеклу;
- площадь и радиус разлива ЛВЖ по реальной поверхности.

7. Сформулировать меры пожарной безопасности, направленные на ограничение площади разлива ЛВЖ.

Основные положения

Установлено, что площадь разлива ЛВЖ ($F_{\text{ж}}$) по поверхности твердых тел прямо пропорциональна объему разлившейся жидкости ($V_{\text{ж}}$):

$$F_{\text{ж}} = f \cdot V_{\text{ж}}. \quad (7.1)$$

Коэффициент пропорциональности f в уравнении назван коэффициентом разлива. В СИ коэффициент разлива выражается в $\text{м}^2/\text{м}^3$ или м^{-1} и показывает значение площади разлива единицы объема данной ЛВЖ.

При отсутствии справочных данных или экспериментальных данных значение коэффициента разлива ЛВЖ допускается определять, руководствуясь положениями нормативных документов по пожарной безопасности:

- при разливе ЛВЖ по полу производственного помещения

$$\begin{cases} f = 1000 \text{ при } U > 70 \% ; \\ f = 500 \text{ при } U \leq 70 \% . \end{cases} \quad (7.2)$$

где U - содержание растворителя в растворе по массе;

- при разливе ЛВЖ на площадке наружной технологической установки

$$\begin{cases} f = 150 \text{ при } U > 70 \% ; \\ f = 100 \text{ при } U \leq 70 \% . \end{cases} \quad (7.3)$$

Остальные показатели пожарной опасности аварийного разлива можно определить исходя из площади разлива и количества разлившейся ЛВЖ.

Площадь разлива жидкости характеризуют диаметром или радиусом круга, эквивалентного (по площади) разлившейся ЛВЖ. Такой параметр можно найти, приравняв площадь разлива к площади круга. Рассчитывают приведенный радиус разлива ЛВЖ по формуле

$$R_{ж} = \sqrt{\frac{F_{ж}}{\pi}}, \quad (7.4)$$

Кроме того, важна толщина слоя разлившейся ЛВЖ ($\delta_{ж}$), которую определяют по формуле

$$\delta_{ж} = 1 / f. \quad (7.5)$$

Допускается определять показатели, характеризующие пожарную опасность разлива ЛВЖ, по материалам реальных аварий при адекватности анализируемых ситуаций или в лабораторных условиях.

Площадь разлива единицы объема ЛВЖ, а, следовательно, и коэффициент разлива зависят не только от свойств ЛВЖ, но и от свойств поверхности, по которой происходит разлив, а также от температуры ЛВЖ и поверхности. Существуют поверхности, на которых ЛВЖ разливаются больше, чем на других. Установлено, что наибольшее значение разлива ЛВЖ достигается на силикатном стекле. Если опыты по разливу проводить на силикатном стекле при стандартной (комнатной) температуре, получим максимальное значение коэффициента разлива.

В лабораторных условиях можно определить площадь разлива любой ЛВЖ по твердой поверхности (линолеум, плитка ПВХ, окрашенное дерево и т.д.).

При разливе ЛВЖ на реальной поверхности пола площадь разлива будет меньше, чем на стекле. Влияние свойств материала и состояния поверхности на площадь разлива ЛВЖ можно оценить коэффициентом K_{ϕ}

$$K_{\phi} = f_{п} / f_{ст}, \quad (7.6)$$

где $f_{п}$ - коэффициент разлива по реальной поверхности;

$f_{\text{ст}}$ - коэффициент разлива по стеклу.

Лабораторная установка

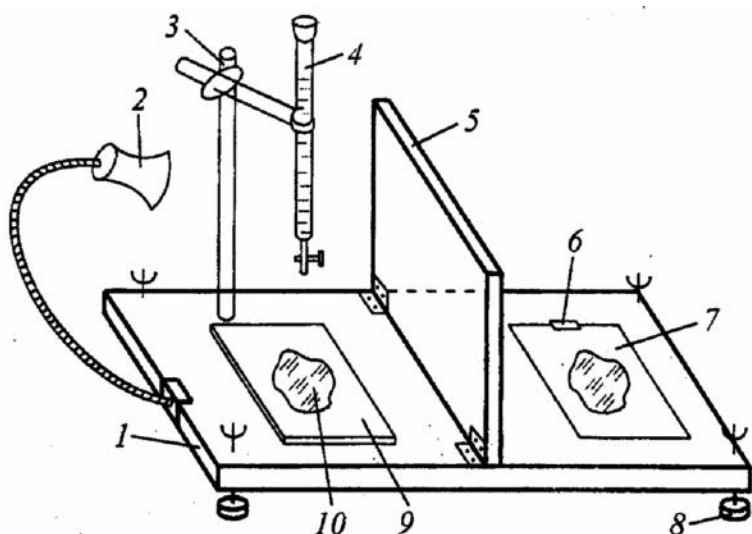


Рис. 7.1. Лабораторная установка:

1 – испытательный стол;
2 – лампа; 3 – штатив; 4 – бюретка; 5 – вертикально установленное стекло;
6 – зажим для бумаги;
7 – миллиметровка с отражением разлившейся ЛВЖ;
8 – регулировочные винты; 9 – исследуемая поверхность; 10 – разлившаяся ЛВЖ

Лабораторная установка (рис. 7.1)

имеет испытательный стол 1, который вертикальным стеклом 5 разделен на две примерно одинаковые части.

На одной половине стола крепится штатив 3 с бюреткой 4, а также источник освещения (лампа) 2. Стол имеет регулировочные винты 8 для придания ему горизонтального положения.

Эксперимент состоит в следующем. Из бюретки заданный объем испытуемой ЛВЖ выпускается на подготовленную поверхность твердого тела (стекло, линолеум и т.п.), которое помещается под бюреткой. После того как ЛВЖ разольется по поверхности, следует определить площадь разлива. Для этого на другую половину стола кладется чистый лист миллиметровки и на него переносится контур разлившейся ЛВЖ (используется зеркальный эффект, получаемый с помощью вертикального стекла). Площадь внутри контура определяется по клеточкам миллиметровой бумаги.

Порядок выполнения работы

1. Заготовить журнал испытаний по форме (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Журнал испытаний разлива _____
(наименование ЛВЖ)

Параметры разлива ЛВЖ	Номер опыта
-----------------------	-------------

		1	2	3
Объем ЛВЖ, разлившейся по стеклу,	$V_{ж}, \text{ мл}$			
	$V_{ж}, \text{ м}^3$			
Площадь разлива ЛВЖ по стеклу	$F_{ж-ст}, \text{ см}^2$			
	$F_{ж-ст}, \text{ м}^2$			
Коэффициент разлива ЛВЖ по стеклу, $f_{ст}, \text{ м}^{-1}$				
Объем ЛВЖ, разлившейся по _____	$V_{ж}, \text{ мл}$			
	$V_{ж}, \text{ м}^3$			
Площадь разлива ЛВЖ по _____	$F_{ж-ст}, \text{ см}^2$			
	$F_{ж-ст}, \text{ м}^2$			
Коэффициент разлива ЛВЖ по _____, $f_{п}, \text{ м}^{-1}$				

2. Получить у лаборанта испытуемую ЛВЖ и залить ее в бюретку. Суммарный объем ЛВЖ не должен превышать 30 мл.

3. Подготовить поверхность стекла к опытам, для чего промыть его чистой водой и высушить воздухом.

4. Столу лабораторной установки придать горизонтальное положение.

5. Подставить стекло под бюретку, выпустить из нее на поверхность стекла первый объем ЛВЖ (например, 1 мл) и подождать до завершения разлива (1 мин).

6. Перенести очертание контура ЛВЖ на миллиметровку, для чего поместить ее на другой половине стола; включить лампу и, используя зеркальный эффект, обвести карандашом или ручкой изображение разлива ЛВЖ на листе.

7. Определить площадь разлива ЛВЖ путем подсчета клеток внутри контура на миллиметровке.

8. Полученные данные записать в журнал.

9. Результаты изменений (объем ЛВЖ и площадь разлива ЛВЖ) перевести в СИ.

10. В таком же порядке провести и следующие опыты.

11. При обработке опытных данных определить следующие параметры:

а) коэффициенты разлива ЛВЖ для каждого опыта по формуле

$$f_i = F_{ж} / V_{ж}; \quad (7.7)$$

б) среднее значение коэффициента разлива ЛВЖ по стеклу или реальной поверхности

$$f^* = \sum f_i / n_{оп}, \quad (7.8)$$

где $n_{\text{оп}}$ - число опытов;

в) коэффициент свойства поверхности (формула (7.6));

г) толщину слоя ($\delta_{\text{ст}}$ и $\delta_{\text{п}}$) (формула (7.5)).

12. Написать уравнения, описывающие площадь и радиус разлива ЛВЖ по стеклу и по реальной поверхности. При этом в формулу (7.1) подставляют соответственно среднее значение коэффициента разлива (f^*) по стеклу или реальной поверхности, определенное по формуле (7.8).

13. Результаты опытов и полученные зависимости представить на графике:

- $F_{\text{ж-ст}} = f(V)$ - для разлива ЛВЖ на стекле;
- $F_{\text{ж-п}} = \varphi(V)$ - для разлива ЛВЖ по реальной поверхности.

При построении графика по оси абсцисс откладывают значения разлившейся жидкости, а по оси ординат – площадь разлива.

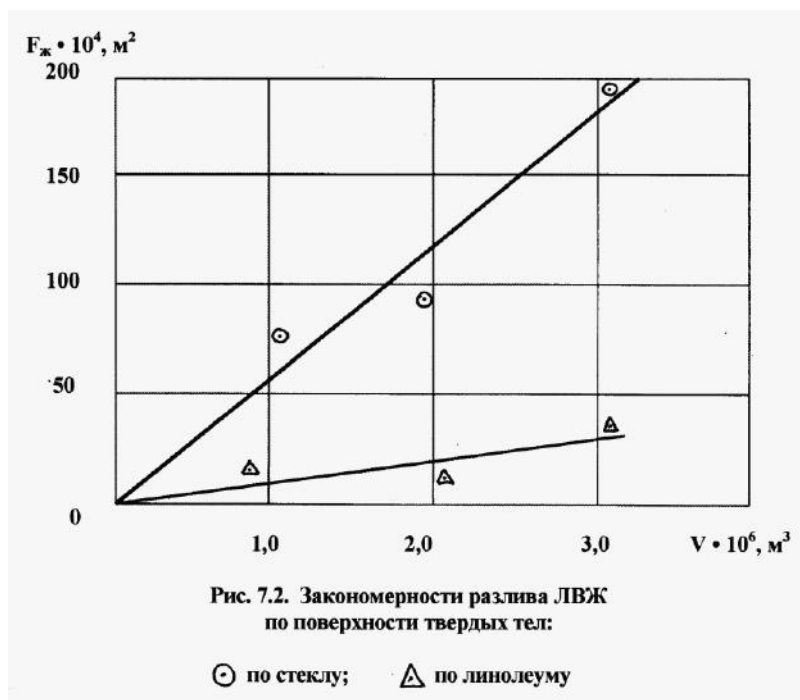
При значении $V_{\text{ж}} = 3 \cdot 10^{-6}$ определяют значение координаты точки $F_{\text{ж-ст}}$ из уравнения

$$F_{\text{ж-ст}} = f_{\text{ж-ст}}^* \cdot V_{\text{ж}}.$$

Из начала координат проводят прямую линию через координаты точки $F_{\text{ж-ст}}$. На этом же графике наносят экспериментальные значения площади разлившейся жидкости. Некоторое отклонение экспериментальных значений от расчетной прямой является основой для расчета ошибки опыта.

Аналогичным образом результаты опытов и полученную зависимость растекания ЛВЖ по линолеуму представить на графике.

Пример обобщения экспериментальных данных, представлен на рис. 7.2.



Зависимости, описывающие закономерности разлива ЛВЖ, представленные на рис. 7.2, имеют вид:

- по стеклу - $F_{ж-ст} = 6000 \cdot V_{ж} \text{ м}^2$;
- по линолеуму - $F_{ж-л} = 1200 \cdot V_{ж} \text{ м}^2$.

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите основные геометрические параметры, характеризующие пожарную опасность разлива ЛВЖ,
2. Укажите нормативные документы, в которых содержатся методы расчета геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ.
3. Определите площадь разлива 5 литров ЛВЖ на основании полученных экспериментальных данных.
4. Определите толщину слоя 5 литров разлившейся ЛВЖ на основании полученных экспериментальных данных.
5. Какие свойства поверхности и ЛВЖ оказывают влияние на площадь разлива?
6. Какую размерность в системе СИ имеет коэффициент разлива?
7. Укажите нормативное значение коэффициента разлива ЛВЖ по полу производственного помещения.
8. Укажите нормативное значение коэффициента разлива ЛВЖ по площадке наружной технологической установки.
9. Укажите нормативный документ, в котором содержится метод расчета геометрических параметров аварийного разлива ЛВЖ по полу производственного помещения.
10. Укажите нормативный документ, в котором содержится метод расчета геометрических параметров аварийного разлива ЛВЖ на площадке наружной технологической установки.



Работа № 8. Расчет геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС

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

Постановка задачи

Наибольшую опасность для населения и территории представляют случаи полного разрушения резервуаров с ЛВЖ. Разрушения вертикальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, хотя и редко, но случаются. Каждый случай - это серьезное событие, угрожающее жизни людей и экологической катастрофой и, по меньшей мере, значительным экономическим ущербом: нужно учесть, что стоимость хранящегося продукта значительно превышает стоимость самого резервуара.

Здесь в настоящей работе отрабатываются метод расчета геометрических параметров аварийного разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС, предусмотренный нормативным документом по пожарной безопасности: «Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

Основой для разработки данного нормативного документа послужили результаты исследований пожарной опасности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, выполненные в Академии ГПС МЧС России.

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить методы определения геометрических параметров аварийного разлива ЛВЖ на случай полного разрушения резервуара.

3. Произвести расчеты геометрических параметров разлива ЛВЖ на случай полного разрушения резервуара.

4. На основании анализа характерных пожаров и полученных результатов расчета сделать выводы о характере пожарной опасности аварийного разлива ЛВЖ в случае полного разрушения резервуара.

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие защиту от аварийного разлива ЛВЖ, изложенные в приложении Б: Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории»

6. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения (см. способы и приемы снижения пожарной опасности), обеспечивающего снижение пожарной опасности аварийного разлива ЛВЖ.

Основные положения

Анализ хрупких разрушений резервуаров представляет значительный научный интерес. Разрушение начинается с появления в корпусе трещины. Образование трещин зависит от очень большого числа факторов (технологических, конструктивных, климатических и др.). Результаты исследований причин хрупких разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов приведено в монографии Розенштейна И.М. «Аварии и надежность стальных резервуаров» (М.: Недра, 1995, -253 с.). Причинами нарушения прочности корпуса являются:

- дефекты сварочно-монтажных работ;
- хрупкость металла;
- перепады температур и т. д.

Результаты обследования частичного разрушения резервуаров показывают, что из 262 случаев трещинообразования, происшедших в 115 резервуарах, 238 приходятся на сварные швы, что составляет 91%, 20 (7,6%) — на уторные уголки, и 4 (1,4%) — на основной металл. В 14 случаях из 37 полного разрушения резервуаров очагом разрушения был сварной шов, в двух случаях — уторный уголок и в одном — зона термического влияния.

Исследование материалов, связанных с авариями на резервуарах, показали, что наиболее опасным фактором возникающего при разрушении резервуара является гидродинамическое истечение (волна прорыва) ЛВЖ из резервуара. Причем, как правило, волна прорыва или разрушала (промывала) обвалование или перехлестывала через него. При этом нормативное обвалование, а также вид жидкости в резервуаре и характеристика грунта практически не оказывают влияния на площадь затопления.

Об этом свидетельствуют случаи полного разрушения резервуаров. Особый интерес представляет случай разрушения резервуара вместимостью 10000 м³ во время гидравлического испытания, в расследовании которого принимали участие специалисты Академии ГПС МЧС России.

Диаметр резервуара - 28,5 м, высота - 18 м. Его смонтировали из трех рулонов. Разрушение резервуара случилось через 13 ч после достижения уровня налива воды 17,6 м. При осмотре места аварии резервуара было установлено, что реактивной силой излившейся воды стенка оторвана от днища, частично - от крыши, развёрнута и отброшена на расстояние 25,032 м. Трещина разорвала стенку, затем днище по околошовной зоне внутреннего уторного шва, а крышу - по зоне примыкания к стенке. Центральная часть днища осталась на фундаменте. Волной излившейся из разрушенного резервуара воды

были повреждены и сдвинуты со своих фундаментов на 6-14 м еще три соседних резервуара, так как обвалование вокруг всех четырех резервуаров отсутствовало.

Монтажный кран ДЭК-251, находившийся в момент аварии в 10 м от разрушившегося резервуара, был опрокинут.

Ситуация, сложившаяся после аварии, представлена на рис. 8.1.

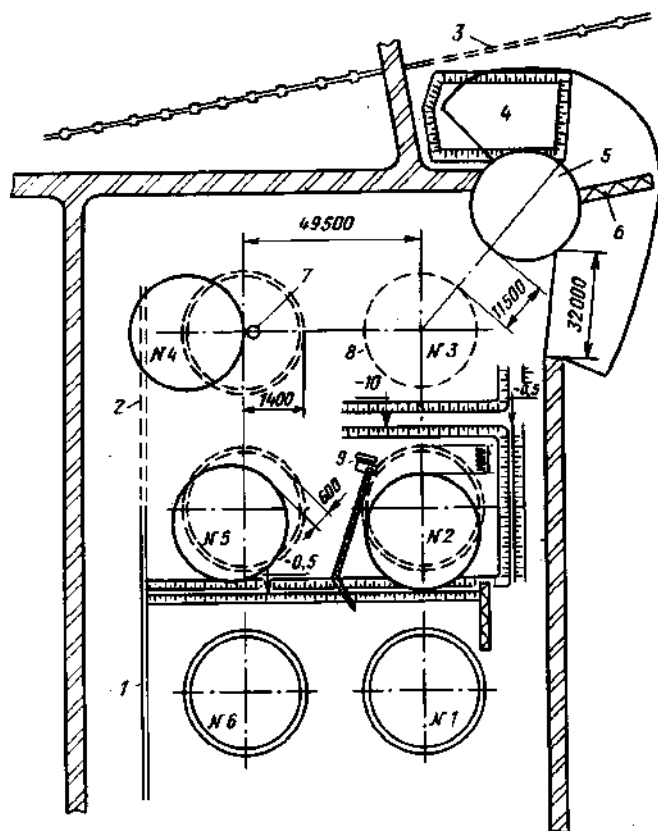


Рис. 8.1. Ситуационный план после разрушения РВС-10000:

- 1 - подпорная ж/б стенка;
- 2 - разрушенный участок подпорной стенки;
- 3 - участок разрушенного забора;
- 4 - водоем;
- 5 - крыша разрушившегося резервуара №3;
- 6 - шахтная лестница резервуара №3;
- 7 - стенка резервуара №4, сдвинутого с фундамента;
- 8 - днище резервуара №3;
- 9 - опрокинутый кран ДЭК

Пожары при полном разрушении резервуара следует рассматривать, как чрезвычайную ситуацию. Например, на Каменской нефтебазе в Ростовской области вследствие полного разрушения резервуара вместимостью 700 м³ с бензином произошел пожар с катастрофическими последствиями. Пожар охватил все строения и часть резервуарного парка нефтебазы и по разлившемуся продукту распространился на жилые дома, находящиеся за территорией на расстоянии 60 м. Погиб 61 человек.

Особую опасность представляют случаи полного разрушения резервуаров в период тушения пожара. В 1976 г. в Азербайджане на нефтебазе горело 4 резервуара с нефтепродуктами. При разрушении от взрыва РВС-700 осветительный керосин в количестве 120 тонн разлился на площади 3000 м². Разрушение сопровождалось отрывом корпуса от днища и полетом на расстояние до 25 метров.

Определение геометрических параметров пожарной опасности разлива при полном разрушении РВС

Установлено, что площадь разлива ЛВЖ при полном разрушении резервуара в основном прямо пропорциональна объему разлившейся жидкости:

$$F_{з-р} = f_z \cdot \varepsilon_p \cdot V_p. \quad (8.1)$$

где $F_{з-р}$ - площадь зоны разлива, м^2 ; f_z - коэффициент разлива, м^{-1} ; ε_p - степень заполнения резервуара; V_p - номинальная вместимость резервуара, м^3 .

Степень заполнения резервуара допускается принимать равной 0,9.

Коэффициент разлива ЛВЖ или, вернее, уже затопления, определяют, исходя из расположения наземного резервуара на местности

$$\begin{cases} f = 12 - \text{при расположении на поверхности с уклоном, более } 1 \%; \\ f = 5 - \text{при расположении на равнине} \end{cases} \quad (8.2)$$

Приведенную форму разлива ЛВЖ при крупномасштабной аварии принимают в зависимости от расположения резервуара на местности:

- в низине или на ровной поверхности (с уклоном до 1 %) – в виде круга с радиусом

$$R_{ж} = \sqrt{\frac{F_{ж}}{\pi}}; \quad (8.3)$$

- на возвышенности - в виде эллипса.

Значения осей эллипса определяют по следующим формулам:

- большой полуоси

$$b = \sqrt{\frac{K_{ук} F_{ж}}{\pi}}; \quad (8.4)$$

- малой полуоси

$$\alpha = 4 F_{ж} / (\pi b), \quad (8.5)$$

$K_{ук}$ - коэффициент, характеризующий уклон, благоприятствующий разливу жидкости, значение которого определяют исходя из уклона местности:

$$\begin{cases} K_{ук} = 8 - \text{при уклоне не более } 3 \%; \\ K_{ук} = 16 - \text{при уклоне более } 3 \%. \end{cases} \quad (8.6)$$

Способы и приемы снижения пожарной опасности

1. Одним из эффективных технических решений, способных предотвратить последствия гидродинамического истечения жидкости на случай внезапного разрушения резервуара, считается:

а) применение конструкции резервуара с защитной стенкой: (рис. 8.2);

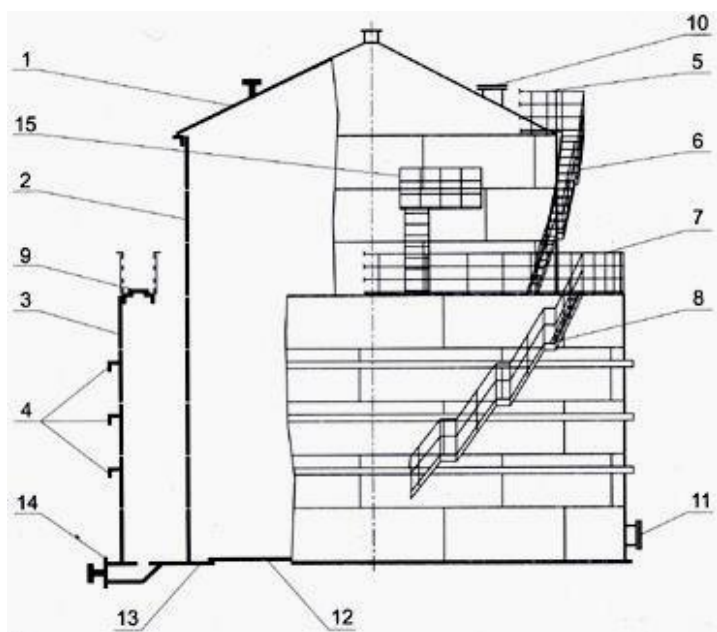


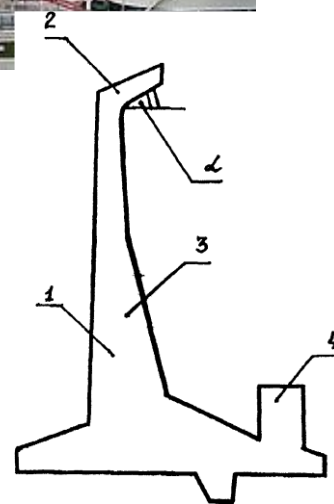
Рис. 8.2. Цилиндрический сварной стальной резервуар с защитной стенкой (стакан в стакане)

- 1 – Крыша
- 2 – Основная стенка
- 3 – Защитная стенка
- 4 – Конструкция защиты
- 5; 7 – Круговая площадка с ограждением
- 6 – Внутренняя лестница
- 8 – Наружная лестница
- 9 – Кольцо жёсткости защитной стенки
- 10; 11 – Люки и патрубки
- 12 – Центральная часть дна
- 13 – Окрайка дна
- 14 – Зумпф

15 – Площадка пеногенератора



Рис. 8.3. Резервуары с защитной стенкой на Калининградском нефтетерминале «Лукойла»



б) устройство принципиально нового ограждения (рис. 8.4), имеющего конструктивную особенность - волноотражающий козырек, который позволяет уменьшить высоту стены ограждения и защитный зуб, для принятия основной нагрузки, возникающей при гидродинамическом истечении.

Высоту ограждающей стены определяют по номограмме (рис. 8.5) на основании расчетной схемы, приведенной на рис. 8.6.

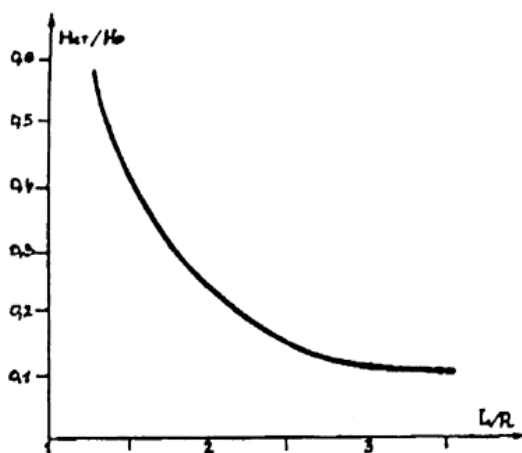


Рис. 8.5. Номограмма для определения высоты ограждающей стены

Рис. 8.4. Схема технического решения ограждающей стенки

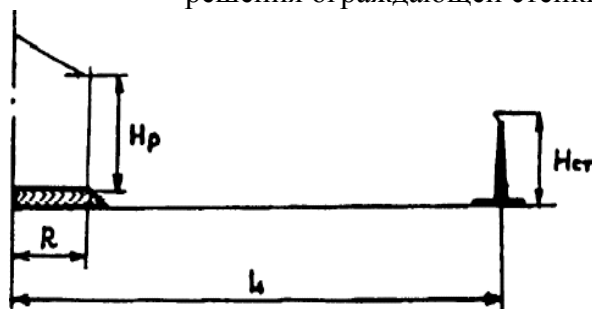


Рис. 8.6. Расчетная схема к определению высоты ограждающей стены

Для наиболее неблагоприятного случая гидродинамического истечения конструкция ограждающей стены должна быть рассчитана на нагрузку, равную 150 тоннам на погонный метр.

2. В качестве дополнительных мер, направленных на ограничение площади аварийного разлива нефтепродуктов на случай полного разрушения резервуара, следует рассматривать использование кольцевой дороги вокруг группы резервуаров, имеющей возвышение не менее 1,5 м над планировочной отметкой внутри основного обвалования;

3. Временными мерами, обеспечивающими как снижение опасности хрупкого разрушения резервуара, так и последствий разрушения, могут быть:

- бандажирование стенок резервуаров;
- регламентирование максимального уровня взлива нефтепродукта с учетом технического состояния резервуара.

Порядок выполнения работы

1. Исходными данными для выполнения работы являются:
 - наименование разлившейся ЛВЖ _____
 - вместимость резервуара, $V_p = \text{_____}$, м^3 ;
 - степень заполнения резервуара ЛВЖ, $\epsilon_p = \text{_____}$;
 - уклон площадки = _____ % .
2. Произвести расчеты геометрических параметров разлива ЛВЖ на случай полного разрушения резервуара по следующему алгоритму:
 - по формуле (8.1) определяют площадь разлива ЛВЖ. При этом коэффициент разлива ЛВЖ определяем из соотношения (8.2);
 - далее, в зависимости от уклона расположения площадки определяют форму разлива ЛВЖ и геометрические характеристики, используя формулы (8.3 – 8.6).

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите, какие геометрические параметры пожарной опасности аварийного разлива ЛВЖ подлежат расчету.
2. Укажите нормативный документ, в котором содержится метод расчета геометрических параметров аварийного разлива ЛВЖ на случай полного разрушения наземного вертикального стального резервуара.
3. Какую геометрическую фигуру рассматривают при расчете площади разлива ЛВЖ на случай крупномасштабной аварии, связанной с полным разрушением наземных вертикальных стальных резервуаров?
4. Укажите способы и приемы снижения пожарной опасности от хрупкого разрушения РВС.

Пример расчета геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС

Исходные данные

Наименование ЛВЖ – ацетон.

Вместимость резервуара, $V_p = 1000 \text{ м}^3$.

Степень заполнения резервуара жидкостью, $\epsilon_p = 0,8$.

Уклон площадки = 4% .

Расчет

Площадь разлива ЛВЖ

$$F_{з-р} = f_z \cdot \epsilon_p \cdot V_p = 12 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 9600 \text{ м}^2.$$

Значение коэффициента разлива ЛВЖ принято равным 12, так как уклон, более 1 %.

Толщина слоя разлившейся ЛВЖ

$$\delta_{ж} = 1 / f = 1 / 12 = 0,083 \text{ м.}$$

Приведенную форму разлива ЛВЖ принимаем в виде эллипса. Значения осей эллипса определяют по следующим формулам:

○ большой полуоси

$$b = \sqrt{\frac{K_{ук} F_{ж}}{\pi}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 9600}{3,14}} = 885 \text{ м.}$$

○ малой полуоси

$$a = 4 F_{ж} / (\pi b) = 4 \cdot 9600 / 3,14 \cdot 885 = 14 \text{ м.}$$

Значение коэффициента, характеризующий уклон, благоприятствующий разливу ЛВЖ, принято равным 16, так как уклон более 3 %.



Работа №. 9.

Экспериментальное исследование теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ с поверхности разлива

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

Постановка задачи

При оценке пожарной опасности технологической системы необходимо определить экспериментальным путем массу испарившейся ЛВЖ. Только при отсутствии экспериментальных данных интенсивность испарения допускается определять по справочным материалам.

Этот параметр пожарной опасности используют для расчета:

- размеры зоны взрывоопасных концентраций паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива;
- опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей в открытом пространстве;
- критериев категорирования помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности и классов взрывоопасных зон.

Здесь в настоящей работе в соответствии с ГОСТом Р 12.3. 047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» отрабатывается метод экспериментального определения массы испарившейся ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду.

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изложить основные положения метода экспериментального определения массы паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива. Нарисовать схему лабораторной установки.

3. Провести эксперимент по определению массы испарившейся ЛВЖ.

4. Обработать экспериментальные данные.

5. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения, обеспечивающего снижение пожарной опасности процесса испарения с поверхности разлива ЛВЖ.

Метод экспериментального определения массы паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду

Этот метод основан на решении уравнения нестационарной диффузии при испарении ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду.

Уравнение, описывающее массу испарившейся ЛВЖ, имеет вид

$$m_{\text{п}} = \frac{\varphi_s \rho_{\text{п}} F_{\text{р}}}{3} \sqrt{\frac{12 D_t \tau}{1 - \varphi_s}}, \quad (9.1)$$

где φ_s – концентрация насыщенных паров, об.доли; $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара, кг·м⁻³; D_t – коэффициент диффузии, м²·с⁻¹; $F_{\text{р}}$ – площадь разлива ЛВЖ, м².

Определение φ_s , $\rho_{\text{п}}$ и D_t для многокомпонентных жидкостей с неизвестными теплофизическими свойствами связано с определенными

трудностями. Эти величины можно рассматривать как константы для определенных условий изучения процесса испарения ЛВЖ. В таких допущениях уравнение (9.1) можно представить в следующем виде

$$m_{\text{п}} = K F_p \sqrt{\tau}, \quad (9.2)$$

где коэффициент

$$K = \frac{\varphi_s \rho_{\text{п}}}{3} \sqrt{\frac{12 D_t}{1 - \varphi_s}} \text{ кг с}^{-0,5}. \quad (9.3)$$

Таким образом, экспериментальное исследование для описания массы паров при испарении ЛВЖ с неизвестными теплофизическими свойствами с поверхности разлива, направлено к определению коэффициента K .

$$K = \frac{m_{\text{п}}}{F_p \sqrt{\tau}}. \quad (9.4)$$

Многочисленными экспериментальными исследованиями по изучению процессов испарения с поверхности разлива ЛВЖ, проведенными в Академии ГПС МЧС России, установлено, что при площади разлива более $0,5 \text{ м}^2$ процессами диффузии по горизонтали можно пренебречь. В таком случае можно исследовать процесс испарения в виде условно вырезанного горизонтально цилиндра на поверхности разлива ЛВЖ.

При испарении ЛВЖ в дегазированную изотермическую камеру создается избыточное давление паров, которое несложно измерить манометром. Поэтому в основу экспериментального метода определения массы испарившейся ЛВЖ положено уравнение газового состояния

$$P_{\text{п}} V_{\text{к}} = m_{\text{п}} \frac{R}{M} T_{\text{р}}, \quad (9.5)$$

где $P_{\text{п}}$ - избыточное давление паров в камере, создаваемое испаряющейся ЛВЖ, Па; $V_{\text{к}}$ - объем камеры, в которой происходит процесс испарения, м^3 ; $m_{\text{п}}$ - масса испарившейся ЛВЖ (паров), кг; R - универсальная газовая постоянная; $T_{\text{р}}$ - рабочая температура ЛВЖ, К; M - молярная масса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Избыточное давление паров, создаваемое испаряющейся ЛВЖ, можно определить при помощи U-образного водяного манометра.

Решение уравнения (7.16) относительно значения $m_{\text{п}}$ позволяет получить расчетную формулу для экспериментального определения массы испарившейся ЛВЖ

$$m_{\text{п}} = 1,18 \cdot 10^{-3} M V_{\text{к}} h / T_{\text{р}}, \quad (9.6)$$

где h - показания U-образного водяного манометра, мм вод. ст.

Опыты проводят на лабораторной установке, схема которой показана на рис. 9.1.

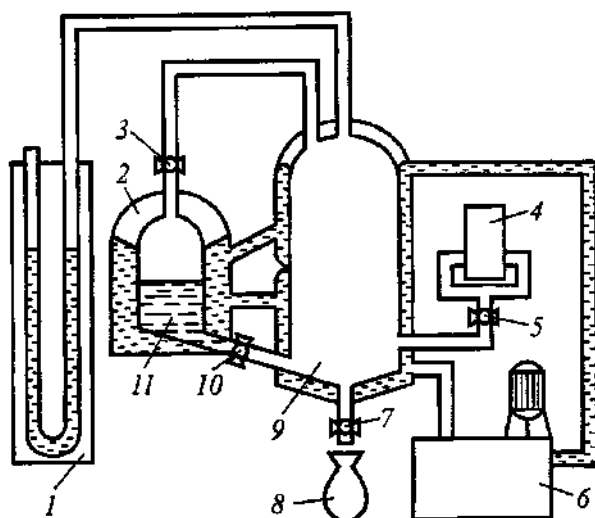


Рис. 9.1. Схема лабораторной установки:

1 – U-образный манометр; 2 – крышка с краном; 3, 5, 7, 10 – краны; 4 – микрокомпрессор; 6 – ультратермостат; 8 – емкость; 9 – испарительная камера объемом $7,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ (поверхность испарения $2,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$); 11 – сосуд для нагрева ЛВЖ

Установка состоит из камеры 9, объемом $7,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, где происходит испарение исследуемой ЛВЖ с поверхности испарения равной $2,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Давление паров испаряющейся ЛВЖ фиксируют по U-образному водяному манометру 1. Сосуд 11 предназначен для предварительного нагрева исследуемой ЛВЖ. Ультратермостат 6 обеспечивает изотермический режим проведения опытов благодаря циркуляции воды в рубашках сосуда 11 и в испарительной камере 9. Микрокомпрессор 4 служит для продувки испарительной камеры от паров ЛВЖ после окончания проведения опытов.

Порядок выполнения работы

1. Заготовить в тетради журнал испытаний по следующей форме:

Ж У Р Н А Л

результатов определения массы паров при
испарении ЛВЖ _____ в неподвижную среду
(наименование или состав раствора ЛВЖ)

- Рабочая температура ЛВЖ, $t_p = \text{_____}^{\circ}\text{C}$.
- Атмосферное давление, $P_{\text{атм}} = \text{_____}$ кПа.
- Объем испарительной камеры, $V_k = 7,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.
- Поверхность испарения ЛВЖ, $F_p = 2,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.
- Универсальная газовая постоянная; $R = 8,31434 \text{ Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$.
- Молярная масса, $M = \text{_____}$ кг·кмоль⁻¹ (принять по значению наиболее летучего компонента, входящего в состав ЛВЖ).

Таблица 9.1

Результаты измерений и расчетов

Время измерения, мин	Показания U-образного манометра, мм вод.ст.	Масса испарившейся ЛВЖ, кг	Значение К
1			
2			
...			
10			

2. По указанию преподавателя получить у лаборанта исследуемую ЛВЖ и записать в журнал заданную температуру проведения опыта.

3. Методика проведения опыта:

3.1. Снять с сосуда 11 (см. рис. 9.1) крышку 2 и налить в него примерно 20 мл исследуемой ЛВЖ. При этом кран 10 должен быть закрыт, остальные краны - открыты. Сосуд 11 закрывать крышкой 2 не следует.

3.2. Включить микрокомпрессор и продувать в течение 5 мин испарительную камеру от возможных остаточных паров предыдущего опыта.

3.3. Настроить ультратермостат 6 на заданную температуру проведения опыта и с разрешения лаборанта включить его. После достижения требуемой температуры в термостате подогреть ЛВЖ в сосуде 11 осуществлять в течение 10 мин.

3.4. Перевести краны 7 и 5 в положение "Закрыто". Крышкой 2 закрыть сосуд 11. Открыть краны 10 и 3, включить секундомер. После того как вся ЛВЖ перетечет в испарительную камеру, краны 3 и 10, установленные на сосуде 11, перевести в положение "Закрыто".

3.5. В таблицу 9.1 записывать показания U-образного водяного манометра через каждую минуту в течение 10 минут.

3.6. После окончания опыта выключить ультратермостат 6, снять с емкости 11 крышку 2, перевести все краны в положение "Открыто", предварительно подставив под кран 7 емкость 8; включить микрокомпрессор и в течение 20 мин продуть испарительную камеру.

4. Обработка опытных данных:

- по формуле (9.6) определить массу паров испарившейся ЛВЖ. Результаты расчетов занести в табл. 9.1;
- значение коэффициента K рассчитать по формуле (9.4) для каждого показания U-образного водяного манометра. Результаты расчетов занести в табл. 9.1;
- определить среднее значение коэффициента K_{cp} ;
- написать уравнение для расчета удельной массы испарения исследуемой ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду, $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$:

$$m_{\Pi}^* = K_{cp} \sqrt{\tau},$$

где K_{cp} – экспериментально установленное среднее значение.

Далее следует записать, что данное уравнение справедливо при температуре испарения равной ____ °С для _____ (привести название исследуемой ЛВЖ и имеющиеся на неё паспортные данные).

Способы и приемы снижения пожарной опасности

Меры пожарной безопасности, обеспечивающие снижение пожарной опасности процесса испарения, являются:

- покрытие поверхности разлива ЛВЖ пенами различной кратности;
- применение реагентов, активно впитывающих ЛВЖ;
- разбавление водорастворимых ЛВЖ водой;
- самотечный слив разлившейся ЛВЖ в аварийные емкости;
- откачка разлившейся ЛВЖ насосами.

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите, для каких целей при оценке пожарной опасности технологической системы необходимо определять массу испарившейся ЛВЖ.

2. Устройство лабораторной установки экспериментального определения массы паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду.

3. Методика проведения опыта по определению массы паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива в неподвижную среду.

4. На основании полученных экспериментальных данных определить массу паров при испарении с площади разлива 250 м^2 в течение 1 часа.

5. Укажите меры пожарной безопасности, обеспечивающие снижение пожарной опасности процесса испарения.



Работа №. 10.

Расчет теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ

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

Постановка задачи

При оценке пожарной опасности технологической системы допускается расчетным путем определять интенсивность испарения и массу испарившейся жидкости с поверхности разлива ЛВЖ.

Эти параметры пожарной опасности процесса испарения ЛВЖ используют для расчета:

- размеры зоны взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ;
- опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей в открытом пространстве;
- критериев категорирования помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности и классов взрывоопасных зон.

Здесь в настоящей работе в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности отрабатывается методы расчета интенсивности испарения и массы испарившейся жидкости.

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить основные положения определения теплофизических параметров, характеризующих пожарную опасность процесса испарения ЛВЖ с поверхности разлива.

2. Рассчитать массу паров при испарении ЛВЖ.

3. По указанию преподавателя разработать схему и описание

технического решения (см. способы и приемы снижения пожарной опасности), обеспечивающего снижение пожарной опасности процесса испарения с поверхности разлива пожароопасной жидкости.

Основные расчетные положения

Массу паров ЛВЖ, испарившейся с поверхности разлива, определяют из выражения:

$$m_n = W_{исп} F_{ж} \tau, \quad \text{кг} \quad (10.1)$$

где $W_{исп}$ - интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

$F_{ж}$ - площадь испарения, м^2 ;

τ - продолжительность испарения, с.

Для ненагретых ЛВЖ при отсутствии экспериментальных данных допускается рассчитывать значение $W_{исп}$ по формуле

$$W_{исп} = 10^{-6} \eta \sqrt{M \cdot P_s}, \quad \text{кг с}^{-1} \text{ м}^{-2} \quad (10.2)$$

где η — коэффициент, учитывающий влияние скорости и температуры воздушного потока на интенсивность испарения; M - молярная масса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$; P_s - давление насыщенного пара жидкости, кПа.

Значение коэффициента η , учитывающего влияние скорости и температуры воздушного потока на интенсивность испарения, приведено в табл. 10.1.

Подвижность воздуха в помещении, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$, можно оценить по формуле

$$U_v = A_v L_{п} / 3600, \quad (10.3)$$

где A_v - кратность воздухообмена, ч^{-1} ; $L_{п}$ - длина помещения, м.

Таблица 10.1

Значение коэффициента η

Подвижность воздуха, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	Температура воздуха в помещении, °C				
	ниже 12	12...17	17...25	25...32	выше 32

$U_B = 0$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$0 \leq U_B < 0,15$	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
$0,15 \leq U_B < 0,3$	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
$0,3 \leq U_B < 0,7$	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
$0,7 \leq U_B$	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Давление насыщенных паров, кПа, принято определять по уравнению Антуана:

$$\lg P_s = A_A - \frac{B_A}{C_A + t_p} \quad (10.4)$$

где A_A , B_A и C_A - константы уравнения Антуана;

t_p - расчетная температура, °С.

Для нефтепродуктов давление насыщенных паров, кПа, можно определить по формуле В.П. Сучкова:

$$P_s = \frac{\exp[6,908 + 0,0443 (t_p - 0,924 t_{всп} + 2,055)]}{1047 + 7,48 t_{всп}}, \quad (10.5)$$

где $t_{всп}$ - температура вспышки, °С.

При расчете массы паров ЛВЖ, испарившейся с поверхности разлива, анализируют два варианта:

- I вариант – за период 3600 с или менее вся разлившаяся ЛВЖ способна испарится;
- II вариант – за период 3600 с, только часть разлившейся ЛВЖ испаряется.

Продолжительность поступления паров при испарении определяют из условия разлива ЛВЖ на 1 м² по формуле

$$T = \frac{\delta_{жс} \rho_{жс}}{W_{исп}}, \quad (10.6)$$

где, $\delta_{жс}$ - толщина слоя разлившейся жидкости, м;

$\rho_{жс}$ - плотность ЛВЖ, кг · м⁻³;

$W_{исп}$ - интенсивность испарения ЛВЖ, кг · м⁻² · с⁻¹.

Способы и приемы снижения пожарной опасности

Меры пожарной безопасности, обеспечивающие снижение пожарной опасности процесса испарения, являются:

- покрытие поверхности разлива пенами различной кратности;

- применение реагентов, активно впитывающих жидкость;
- разбавление пожароопасных водорастворимых жидкостей водой;
- самотечный слив разлившейся жидкости в аварийные емкости или амбары;
- откачка разлившейся жидкости насосами.

Порядок выполнения работы

3. Исходными данными для выполнения работы являются:

- наименование разлившейся ЛВЖ _____;
- молярная масса ЛВЖ, $M = \text{_____ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ (см. работу № 1);
- плотность ЛВЖ, $\rho_{\text{ж}} = \text{_____ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (см. работу № 1).
- константы уравнения Антуана (см. работу № 1):
 $A_A = \text{_____}$; $B_A = \text{_____}$; $C_A = \text{_____}$;
- расчетная температура ЛВЖ, $t_p = \text{_____}^{\circ}\text{C}$. В качестве расчетной температуры жидкости принять значение среднемесячной температуры воздуха для июля месяца (см. работу № 1);
- площадь разлива ЛВЖ при полном разрушении резервуара, $F_{\text{ж}} = \text{_____ м}^2$ (см. работу № 8);
- толщина слоя разлившейся жидкости, $\delta_{\text{ж}} = \text{_____ м}$ (см. работу № 8);.

2. Рассчитать:

- давление насыщенных паров ЛВЖ, кПа (формула (10.4));
- интенсивность испарения ЛВЖ, $\text{кг с}^{-1} \text{ м}^{-2}$ (формула (10.2));
- продолжительность испарения ЛВЖ с поверхности разлива, с (формула (10.6)).
- продолжительность поступления паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива принимают равным расчетному значению для первого варианта, а для второго варианта – 3600 с.
- массу паров ЛВЖ, кг (формула (10.1)).

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите, для каких целей при оценке пожарной опасности технологической системы необходимо определять массу испарившейся ЛВЖ.

2. Напишите уравнение Антуана, по которому определяют давление насыщенных паров ЛВЖ.

3. Напишите уравнение, по которому рассчитывают интенсивность испарения ЛВЖ.

4. Напишите уравнение, по которому рассчитывают массу паров при испарении ЛВЖ.

5. Укажите меры пожарной безопасности, обеспечивающие снижение пожарной опасности процесса испарения

Пример расчета массы паров ацетона при испарении с поверхности разлива

Исходные данные

Наименование разлившейся ЛВЖ – ацетон.

Молярная масса, $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Плотность ЛВЖ, $\rho_{\text{ж}} = 790 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Расчетная температура ЛВЖ, $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Константы уравнения Антуана:

$A_A = 6,37551$; $B_A = 1281,721$; $C_A = 237,088$.

Площадь разлива ЛВЖ, $F_{\text{ж}} = 50 \text{ м}^2$.

Толщина слоя разлившейся жидкости, $\delta_{\text{ж}} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Расчет

Давление насыщенных паров, кПа,

$$\lg P_s = A_A - \frac{B_A}{C_A + t_p} = 6,37551 - \frac{1281,721}{237,088 + 20} = 1,3899 .$$

$$P_s = 10^{1,3899} = 24,54 \text{ кПа}.$$

Интенсивность испарения равна:

$$W_{\text{исп}} = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot \sqrt{58,08} \cdot 24,54 = 1,87 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Продолжительность поступления паров определяют из условия разлива ЛВЖ на 1 м^2 по формуле

$$T = \frac{\delta_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}}}{W_{\text{исп}}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-3} \cdot 790}{1,87 \cdot 10^{-4}} = 2,83 \cdot 10^4 \text{ с}.$$

Принимаем продолжительность испарения 3600 с.

Масса паров ацетона, образующихся при испарении с поверхности разлива, будет равна

$$m_{\text{п}} = W_{\text{исп}} F_{\text{жс}} \tau = 1,87 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 3600 = 33,6 \text{ кг.}$$



Работа № 11.

Расчет зоны взрывоопасных концентраций паров при разливе ЛВЖ

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

Постановка задачи

При функционировании технологической системы возможны два варианта образования зон взрывоопасных паровоздушных смесей на открытой технологической площадке:

- I вариант – взрывоопасные эксплуатационные зоны, образующиеся при нормальном функционировании технологического процесса;
- II вариант – аварийные взрывоопасные зоны, образующиеся в результате неконтролируемого выхода ЛВЖ наружу из технологической системы.

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод расчета зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР) паров, при аварийном поступлении паров ЛВЖ в открытое пространство при неподвижной воздушной среде, предусмотренный стандартом системы безопасности труда «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (ГОСТ Р 12.3. 047-98).

Задание

1. Записать название работы, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.
2. Изучить и изложить основные положения, характеризующие пожарную опасность зон взрывоопасных концентраций.
3. Изучить порядок выполнения работы и произвести расчеты размеров зон взрывоопасных концентраций
4. На основании полученных результатов расчета:
 - сделать выводы о пожарной опасности для людей;

- определить категорию по пожарной опасности резервуарной группы.

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие защиту от аварийных взрывоопасных зон, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории»

6. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения (см. способы и приемы снижения пожарной опасности), обеспечивающего снижение пожарной опасности аварийных взрывоопасных зон.

Основные положения

В практике нормирования требований пожарной безопасности различают два вида взрывоопасных зон.

Эксплуатационные взрывоопасные зоны, которые сопутствуют нормальной эксплуатации технологических систем, и аварийные взрывоопасные зоны, которые возникают только при неконтролируемом выходе ЛВЖ из технологической системы.

Эксплуатационные взрывоопасные зоны

Размеры взрывоопасных эксплуатационных зон при нормальной эксплуатации регламентированы «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Такие зоны принято классифицировать как взрывоопасные класса В-Iг у наружных установок.

Взрывоопасные зоны у наружных установок ограничиваются по горизонтали и вертикали следующими размерами:

- 3 м — от закрытых технологических аппаратов, содержащих горючие газы и ЛВЖ;
- 5 м — от места выброса взрывоопасных и горючих веществ из предохранительных и дыхательных клапанов;
- 8 м — от резервуаров с ЛВЖ и газгольдеров, а при наличии обвалования — в пределах всей площади внутри обвалования;
- 20 м — от мест открытого слива и налива ЛВЖ на эстакадах.

В этих зонах принимаются все меры по исключению появления источника зажигания, и в первую очередь – это требования к выбору электрооборудования.

Аварийные взрывоопасные зоны - характерная причина пожаров

Аварийные взрывоопасные зоны, образующиеся в результате неконтролируемого выхода пожароопасной жидкости наружу из технологической системы, неоднократно являлись причинами пожаров. Например, по причине переливов при закатке нефтепродуктов в резервуары произошло около 10 % от всех пожаров на складах нефти и нефтепродуктов. Как правило, сценарий развития, примерно, одинаков для всех происшедших пожаров. Происходит разлив продукта. Безветренная ночная погода способствует загазованности территории. Контакт паровоздушного облака с внешним источником зажигания сопровождается незначительным пиком избыточного давления с последующим пожаром.

Примером такого сценария является пожар, происшедший на нефтебазе III категории в гор. Волхов. Сообщение о пожаре на нефтебазе поступило в 1 час 25 минут на ЦППС. Было передано: «Огонь на всей площади нефтебазы, в зоне пожара резервуары, взрываются железнодорожные цистерны».

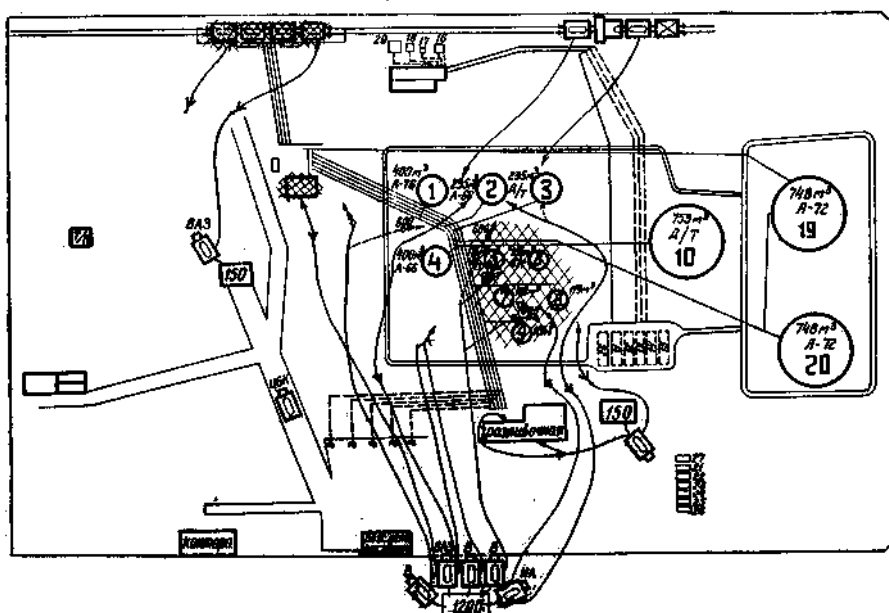


Рис. 11.1. Схема расстановки сил и средств на период локализации пожара

Обстоятельства, предшествующие пожару были следующие. Ночью подали на слив цистерны с бензином. По существующему положению сливом

должны заниматься минимум два человека — оператор и машинист. Фактически же был лишь один машинист, да и тот пьяный.

Ночь была безветренная, теплая — 18 градусов выше нуля. Машинист задремал в сторожке и очнулся лишь тогда, когда бензин начал переливаться через край резервуара. Он выскочил наружу с папиросой в зубах. Произошла вспышка паров бензина на загазованной территории. Огонь охватил резервуары и перебросился на слив. Взорвались железнодорожные цистерны, были сорваны крыши с двух резервуаров с дизельным топливом. У раздаточной станции в зоне огня оказалось два бензовоза с горючим. Такая обстановка сложилась к приезду первой пожарной части.

Характерным примером также является пожар, происшедший 6 августа 1982 г. на Тюменской распределительной нефтебазе. В результате перелива 160 тонн бензина А-72 при наполнении резервуара произошел пожар, который уничтожил всю группу из 6 резервуаров, а также склад масел, технологические трубопроводы и другое оборудование.

Определение размеров взрывоопасной зоны при аварийном разливе ЛВЖ

Определение зоны взрывоопасных концентраций паров при испарении легковоспламеняющейся жидкости в открытое пространство при неподвижной воздушной среде регламентировано ГОСТ Р 12.3. 047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

Образование взрывоопасных концентраций паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива возможно, если:

$$t_p \geq t_{всп}, \quad (11.1)$$

где; t_p - расчетная температура ЛВЖ при испарении, °С.

$t_{всп}$ — температура вспышки ЛВЖ, °С.

В качестве расчетной температуры ЛВЖ при испарении принимают значение среднемесячной температуры для июля месяца.

Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр. За начало отсчета зоны, ограниченной НКПР паров, принимают внешние размеры зоны аварийного разлива ЛВЖ. Во всех случаях расстояние должны быть не менее 0,3 м.

Размеры зоны, м, ограничивающие область концентраций, превышающей нижний концентрационный предел распространения пламени от зоны аварийного разлива ЛВЖ рассчитывают по формулам

$$R_{HKПР} = 3,2 \sqrt{K} \left(\frac{p_s}{\varphi_{HKПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_s} \right)^{0,33}, \quad (11.2)$$

$$Z_{HKПР} = 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{p_s}{\varphi_{HKПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n p_s} \right)^{0,33}, \quad (11.3)$$

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

ρ_n - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кг м⁻³;

p_s - давление насыщенных паров ЛВЖ, кПа;

K - коэффициент ($K = T / 3600$);

T - продолжительность поступления паров ЛВЖ при испарении, с;

$\varphi_{HKПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % (об.).

Величины: масса паров ЛВЖ; плотность паров ЛВЖ; давление насыщенных паров ЛВЖ; нижний концентрационный предел распространения пламени паров принимают по результатам расчетов, полученных в ранее выполненных работах.

Продолжительность поступления паров при испарении определяют из условия разлива ЛВЖ на 1 м² по формуле

$$T = \frac{\delta_{жс} \rho_{жс}}{W_{исп}}, \quad (11.4)$$

где, $\delta_{жс}$ - толщина слоя разлившейся жидкости, м;

$\rho_{жс}$ - плотность ЛВЖ, кг · м⁻³;

$W_{исп}$ - интенсивность испарения ЛВЖ, кг · м⁻² · с⁻¹.

Плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре определяют по формуле

$$\rho_n = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 t_p)}, \quad (11.5)$$

где M – молярный масса, кг·кмоль⁻¹;

V_o – объем, занимаемый одним киломолем при нормальных условиях.

Принимают $V_o = 22,4$ м³ кмоль⁻¹;

t_p - расчетная температура, °С.

Значения толщины слоя разлившейся жидкости, плотность жидкости и интенсивность испарения принимают по результатам расчетов, полученных в ранее выполненных работах.

Категорирование наружных установок

по пожарной опасности

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , V_n , G_n и D_n . Допускается классифицировать резервуарную группу, как категорию A_n (ЛВЖ с $t_{всп} \leq 28^\circ\text{C}$) или B_n (ЛВЖ с $t_{всп} > 28^\circ\text{C}$), если концентрация паров ЛВЖ в воздухе на расстоянии 30 м от наружной установки превышает нижний концентрационный предел распространения пламени.

Способы и приемы снижения пожарной опасности

1. Применение системы обнаружения дозрывоопасной концентрации паров.
2. Обеспечение оповещения об обнаружении, локализации и ликвидации дозрывоопасной концентрации паров.
3. Установка сплошной стенки высотой 1 м, обеспечивающей предотвращение затекания паров
4. Устройство паровой завесы или водяной завесы.
5. Установка вентиляторов взрывобезопасного исполнения, которые должны обеспечить подвижность воздуха не менее 2 м/с.
6. Не допускается наличие природных оврагов, выемок, низин и устройство открытых траншей, котлованов, приямков, в которых возможно скопление взрывопожароопасных паров и газов, траншейная и наземная в искусственных или естественных углублениях прокладка трасс трубопроводов с ЛВЖ, ГЖ и сжиженными горючими газами.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить исходные данные для расчета по следующей форме:
 - наименование ЛВЖ _____ (см. задание);
 - молярная масса ЛВЖ, $M =$ _____ кг·кмоль⁻¹ (см. работу № 1);
 - температура вспышки ЛВЖ, $t_{всп} =$ _____ °C (см. работу № 1);
 - давление насыщенных паров ЛВЖ, $p_s =$ _____, кПа. (см. работу № 10);
 - нижний концентрационный предел распространения пламени паров ЛВЖ, $\phi_{НКПР} =$ _____, % об. (см. работу № 1);
 - расчетная температура ЛВЖ, $t_p =$ _____ °C. (В качестве расчетной температуры принять значение среднемесячной температуры воздуха для июля месяца. См. работу № 1);
 - масса паров ЛВЖ, испарившаяся с поверхности разлива, $m_{п} =$ _____, кг (см. работу № 10);

- интенсивность испарения, $W_{исп} = \text{_____}$ кг · м⁻² · с⁻¹ (см. работу № 10);
 - форма разлива ЛВЖ при полном разрушении резервуара, _____ (см. работу № 8);
 - характерные размеры разлива ЛВЖ (см. работу № 8);
2. Проверить возможность образования взрывоопасных концентраций при испарении ЛВЖ с поверхности разлива по формуле (11.1).
3. Для определения коэффициента $K = T / 3600$, анализируют два варианта:
- I вариант – за период 3600 с или менее вся разлившаяся ЛВЖ способна испариться;
 - II вариант – за период 3600 с, только часть разлившейся ЛВЖ испаряется.
4. Продолжительность поступления паров (формула (11.4));
5. Определить:
- плотность паров ЛВЖ (формула (11.5));
 - размеры зоны взрывоопасной концентрации паров ЛВЖ (формулы (11.2 и 11.3)).

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите нормативный документ, в котором регламентированы размеры взрывоопасных зон при нормальной эксплуатации.
2. Укажите размеры взрывоопасных зон от закрытых технологических аппаратов, содержащих горючие газы и ЛВЖ, при нормальной эксплуатации.
3. Укажите размеры взрывоопасных зон от места выброса взрывоопасных и горючих веществ из предохранительных и дыхательных клапанов.
4. Укажите размеры взрывоопасных зон от резервуаров с ЛВЖ и газгольдеров при нормальной эксплуатации.
5. Укажите нормативный документ, в котором регламентирован метод расчета взрывоопасных зон при испарении ЛВЖ в открытое пространство при неподвижной воздушной среде.
6. Укажите условие, при котором возможно образования взрывоопасных концентраций паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива.
7. Возможно, ли образование взрывоопасных концентраций паров при испарении ЛВЖ с поверхности разлива, если температура жидкости превышает значение температуры вспышки?

8. Что принимают за начало отсчета размера взрывоопасной зоны при аварийном разливе ЛВЖ?

9. Какую геометрическую фигуру рассматривают при расчете аварийной зоны взрывоопасных концентраций?

Пример расчета зоны взрывоопасных концентраций паров

Исходные данные

Наименование ЛВЖ – ацетон.

Плотность жидкости, $\rho_{ж} = 790,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Расчетная температура, $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура вспышки, $t_{всп} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Интенсивность испарения, $W_{исп} = 1,87 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Масса паров ацетона, испарившаяся с поверхности разлива, $m_n = 33,6 \text{ кг}$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени, $\varphi_{НКПР} = 2,7 \text{ \% (об.)}$.

Давление насыщенных паров ацетона, $p_s = 24,54 \text{ кПа}$.

Форма разлива – круг.

Радиус зоны аварийного разлива ЛВЖ, $R_{ж} = 3,99 \text{ м}$.

Толщина слоя разлившейся жидкости, $\delta_{ж} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Расчет

Проверка возможность образования взрывоопасных концентраций паров при испарении ЛВЖ

$$t_p \geq t_{всп},$$

$$t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_{всп} = -18 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Условие выполняется.

Продолжительность поступления паров определяют из условия разлива ЛВЖ на 1 м^2 по формуле

$$T = \frac{\delta_{ж} \rho_{ж}}{W_{исп}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-3} \cdot 790}{1,87 \cdot 10^{-4}} = 2,83 \cdot 10^4 \text{ с}.$$

Значение коэффициента К принимаем равным 1.

Плотность паров ЛВЖ

$$\rho_{\pi} = \frac{M}{V_o(1 + 0,00367 t_p)} = \frac{58,08}{22,4 (1 + 0,00367 \cdot 20)} = 2,41 \text{ кг м}^{-3}.$$

Расстояния, ограничивающие область концентраций паров ЛВЖ, превышающих НКПР, составят

$$\begin{aligned} R_{\text{НКПР}} &= 3,2 \sqrt{K} \left(\frac{p_s}{\varphi_{\text{НКПР}}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_s} \right)^{0,33} = \\ &= 3,2 \sqrt{\frac{3600}{3600}} \left(\frac{24,54}{2,7} \right)^{0,8} \left(\frac{33,6}{2,41 \cdot 24,54} \right)^{0,33} = 15,52 \text{ м}, \\ Z_{\text{НКПР}} &= 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{p_s}{\varphi_{\text{НКПР}}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n p_s} \right)^{0,33} = \\ &= 0,12 \sqrt{\frac{3600}{3600}} \left(\frac{24,54}{2,7} \right)^{0,8} \left(\frac{33,6}{2,41 \cdot 24,54} \right)^{0,33} = 0,58 \text{ м}. \end{aligned}$$

Вывод. Граница зоны, ограниченной НКПР паров ЛВЖ, будет проходить:

- по горизонтали на расстоянии 15,52 м от границы разлива;
- по вертикали - на высоте 0,58 м от поверхности разлива.



Работа № 12.

Расчет опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей на открытой технологической площадке

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

Постановка задачи

При оценке пожарной опасности технологической системы необходимо оценить расчетным путем радиус воздействия высокотемпературных продуктов при пожаре-вспышке или параметры волны давления при сгорании паровоздушных смесей.

Здесь в настоящей работе в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности отрабатывается метод расчета радиуса воздействия высокотемпературных продуктов при пожаре-вспышке и параметры волны давления при сгорании паровоздушных смесей на открытом пространстве, предусмотренные стандартом системы

безопасности труда «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (ГОСТ Р 12.3. 047-98).

Задание

1. Записать название, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить основные положения по оценке пожарной опасности при сгорании паровоздушных смесей; расчетные уравнения и методы определения, входящих в них величин.

3. Произвести расчеты опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей.

4. На основании полученных результатов расчета:

- сделать выводы о характере пожарной опасности для людей, соседних зданий и сооружений при сгорании паровоздушной смеси;
- определить категорию по пожарной опасности резервуарной группы.

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие защиту от опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей на открытой технологической площадке, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

6. Сформулировать меры пожарной профилактики, направленные на обеспечение безопасности людей от воздействия опасных факторов пожара при сгорании паровоздушной смеси

Характерны пожары, связанные со сгоранием паровоздушных смесей в открытом пространстве

Пожар в товарном парке нефтепродуктов Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего комбината возник в 23 часа 19 минут в результате нарушения технологического процесса компаудирования бензина. Во время заполнения резервуара вместимостью 5000 м³ легкими фракциями бензина при уровне взлива 9,65 м произошло интенсивное выделение газов через два открытых световых люка, дыхательные и предохранительные клапаны. Газовое облако ветер отнес к нагревательной печи одной из технологических установок, находившейся на расстоянии 172 м от резервуара. От горящих форсунок печи оно воспламенилось. Пожар охватил три резервуара.

Серия пожаров, связанных со сгоранием паровоздушных смесей, произошла в резервуарном парке подготовки нефти на Самотлорском нефтяном месторождении, в период его освоения. В тот период газовый фактор Самотлорской нефти составлял 80 ... 120 м³ газа на 1 тонну добываемой нефти. Технология сепарационных установок позволяла пропускать не более 90 тыс. тонн нефти в сутки, а в этот период нефтяники вышли на рубеж добычи 120 тыс. тонн. Следовательно, вместе с нефтью в резервуары поступал газ. С каждой тонны нефти, проходящей через резервуар, выделялось 2 м³ газа пропан-бутан через дыхательную арматуру в окружающую среду. Кроме того, из-за отсутствия счетчиков сдачи нефти, емкость резервуарного парка использовалась для измерения количества сдаваемой нефти.

Наиболее сложная обстановка создавалась на третьем пожаре. Загазованность достигла уровня тумана. Взрыв произошел в период смены вахт. По прибытию подразделений на пожар обстановка была следующей. Горел газ, выходящий из дыхательных клапанов трех РВС-5000. Пожаром охвачены два вагончика, имеют частичные разрушения и горят сгораемые материалы в насосной станции, манифольдной и котельной. Взрывом повредило оба фидера, питающих пожарную насосную станцию. Вокруг вагончиков лежали трупы людей. Прекратить или ограничить поступление нефти в горевшие резервуары было некому, так как обслуживающий персонал погиб.

Определение радиуса воздействия продуктов сгорания паровоздушных смесей в случае пожара-вспышки

В случае образования паровоздушной смеси в незагроможденном технологическим оборудованием пространстве и его зажигании относительно слабым источником (например, искрой) сгорание этой смеси происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. При ламинарном режиме горения распространение пламени происходит от каждой точки фронта по нормали к его поверхности. Такое горение называют нормальными. Для некоторых горючих веществ в смеси с воздухом нормальные скорости горения составляют для предельных углеводородов 0,32 - 0,40 м·с⁻¹, для водорода — 2,7 м·с⁻¹. При столь малых скоростях распространения пламени в газовых смесях амплитуды волны давления малы и могут не приниматься во внимание при оценке поражающего воздействия.

В этом случае реализуется так называемый пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания паровоздушной смеси практически совпадает с максимальным размером

облака продуктов сгорания (т.е. поражаются в основном объекты, попадающие в это облако). Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке R_F определяется приближенным соотношением

$$R_F = \sqrt[3]{E_i} \cdot R_{нкпр} \quad (12.1)$$

где E_i - объемный коэффициент расширения продуктов сгорания. Для нефтепродуктов величина E_i может быть принята равной 7.

$R_{нкпр}$ - размер зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР) паров, определяемый в соответствии с формулами, приведенными в работе № 11.

Воздействие продуктов сгорания паровоздушной смеси в случае пожара-вспышки следует считать наиболее характерным фактором при сгорании паровоздушной смеси.

Метод расчета параметров волны давления при сгорании паровоздушных смесей в открытом пространстве

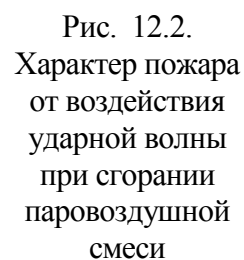
В реальных же условиях в пространстве, загроможденном технологическим оборудованием (рис.12.1), происходит искривление фронта пламени. С увеличением поверхности фронта пламени скорость возрастает. При достижении скоростей распространения пламени, составляющих десятки и сотни метров в секунду, но не превышающих скорость распространения звука в данной среде ($300 - 320 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), дефлаграционное горение, которое генерируются ударные волны с максимальным давлением $20 - 100 \text{ кПа}$.

Рис. 12.1.
Этиленовая
установка
производительность
ю 250 000 тонн в
год



Это происходит вследствие турбулизации материальных потоков, вызывающей сильное искривление и большое увеличение поверхности фронта пламени. При этом возникает ударная волна, на фронте которой резко повышаются плотность, давление и температура смеси. При возрастании этих параметров смеси до самовоспламенения горючего вещества возникает детонационная волна, являющаяся результатом сложения ударной волны и образующейся зоны сжатой, быстрореагирующей (самовоспламеняющейся) смеси.

Резервуарный парк состоял из двух групп: сырьевой (четыре резервуара РВС-5000 с газовым конденсатом) и товарной (три резервуара РВС-1000 с бензином и два резервуара РВС-400 с дизельным топливом).



В районе насосной станции лопнул конденсатопровод диаметром 325 мм. Через приточную вентиляцию газовоздушная смесь попала внутрь помещения насосной, воспламенилась и взорвалась. Силой взрыва был разрушен резервуар № 1, в котором находились 5 тысяч тонн конденсата. Лавина конденсата беспрепятственно перехлестнула через обвалование и разлилась по всей территории резервуарного парка на площади 13000 м².

Взрыв несет потенциальную опасность поражения людей и обладает разрушительной способностью (табл. 12.1).

Таблица 12.1

**Степень поражения от воздействия избыточного давления
при сгорании паровоздушных смесей**

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение зданий	100
50 % - ное разрушение зданий	53
Средние повреждения зданий (разрушение зданий без обрушения, разрушаются резервуары нефтехранилищ)	28
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т. п.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Определение опасных параметров воздействия избыточного давления взрыва, развиваемого при сгорании паровоздушных смесей, регламентировано ГОСТом Р 12.3. 047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

Избыточное давление взрыва, развиваемого при сгорании паровоздушных смесей, рассчитывают по формулам:

$$\Delta P = P_o (0,8 m_{\text{пр}}^{0,33}/r + 3 m_{\text{пр}}^{0,68}/r^2 + 5 m_{\text{пр}}/r^3), \quad (12.2)$$

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

r - расстояние от геометрического центра сгорания паровоздушной смеси, м;

$m_{\text{пр}}$ - приведенная масса пара, кг.

Приведенную массу пара, кг, вычисляют по формуле

$$m_{\text{пр}} = (Q_{\text{сг}} / Q_o) m Z, \quad (12.3)$$

где $Q_{\text{сг}}$ - удельная теплота сгорания пара, Дж·кг⁻¹;
 Z - коэффициент участия горючих паров в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1;
 Q_0 - константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж·кг⁻¹;
 m - масса паров ЛВЖ, испарившаяся с поверхности разлива, кг.

Категорирование наружных установок по пожарной опасности

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , V_n , G_n и D_n . Допускается классифицировать резервуарную группу, как категорию A_n (ЛВЖ с $t_{\text{всп}} \leq 28$ °С) или B_n (ЛВЖ с $t_{\text{всп}} > 28$ °С), если избыточное давление взрыва, развиваемого при сгорании паровоздушных смесей на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа

Способы и приемы противопожарной защиты

1. Здания, в которых расположены помещения управления (операторные), а также административные и другие непроизводственные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны быть устойчивыми к воздействию ударной волны или вынесены за пределы опасной зоны избыточного давления взрыва.

Порядок выполнения работы

1. Исходными данными для выполнения работы являются:
 - наименование разлившейся ЛВЖ _____
 - масса паров ЛВЖ, испарившаяся с поверхности разлива, $m_{\text{п}} = \text{_____}$, кг. (см. работу № 10);
 - размер зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени паров, $R_{\text{нкр}} = \text{_____}$ м (см. работу № 11);
 - объемный коэффициент расширения продуктов сгорания. Допускается значение E_i принимать равным 7.
 - удельная теплота сгорания, $Q_{\text{сг}} = \text{_____}$ Дж/кг.
2. Определить радиус воздействия продуктов сгорания паровоздушной смеси в случае пожара-вспышки по формуле (12.1).
3. Для записи величины избыточного давления взрыва подготавливается следующая таблица.

Таблица 12.2

Избыточное давление взрыва

Расстояние от геометрического центра сгорания паровоздушной смеси, м	10	20	30	40	50
Избыточное давление, кПа					

4. Рассчитать значения избыточного давления взрыва по формулам (12.2) и (12.3) для расстояния от геометрического центра паровоздушной смеси, указанного в табл. 12.2.
5. Построить график: «Зависимость избыточного давления взрыва от расстояния от геометрического центра паровоздушной смеси». По оси абсцисс отложить: «Расстояние от геометрического центра паровоздушной смеси, м. По оси ординат: «Избыточное давление, кПа».
6. Используя данные табл. 12.1, по графику определить расстояния, на которых возможно:
 - полное разрушение зданий;
 - 50 %-ное разрушение зданий;
 - средние повреждения зданий (разрушение зданий без обрушения, разрушаются резервуары нефтехранилищ);
 - умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т. п.);
 - нижний порог повреждения человека волной давления;
 - малые повреждения (разбита часть остекления).
7. Сделать заключение о принадлежности резервуарной группы пожарной опасности к категории A_n или B_n .

Вопросы для подготовки к защите работы

1. Укажите нормативный документ, в котором содержится метод расчета опасных параметров воздействия избыточного давления взрыва, развиваемого при сгорании паровоздушных смесей.
2. Напишите формулу, которая позволяет определить радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушных смесей в случае пожара-вспышки.
3. Укажите примерные значения скорости горения паровоздушных смесей, которые характеризуются как нормальные скорости распространения пламени.
3. Укажите примерные значения скорости распространения пламени паровоздушных смесей, которые характеризуются как дефлаграционное горение.

4. Укажите примерные значения избыточного давления, которое генерируются ударные волны при дефлаграционном горении.

5. Укажите примерные значения скорости распространения пламени паровоздушных смесей, которые характеризуются как детонационный процесс горения.

6. Укажите примерное значение избыточного давления, при котором возможно полное разрушение зданий.

7. Укажите примерное значение избыточного давления, при котором возможно 50 %-ное разрушение зданий.

8. Укажите примерное значение избыточного давления, при котором возможно средние повреждения зданий (разрушение зданий без обрушения, разрушение резервуаров нефтехранилищ).

9. Укажите примерное значение избыточного давления, которое принято опасным для человека.

Пример расчета опасных факторов пожара при сгорании паров ацетона на открытой технологической площадке

Исходные данные

Масса паров ацетона, испарившаяся с поверхности разлива, $m_n = 240$ кг.

Размер зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени паров, $R_{нкр} = 46,43$ м

Расстояние от геометрического центра сгорания паровоздушной смеси, $r = 80$ м

Удельная теплота сгорания ацетона, $Q_{сг} = 31,36 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Расчет

1. Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке

$$R_F = \sqrt[3]{E_i} \cdot R_{нкр} = \sqrt[3]{7} \cdot 46,43 = 84,5 \text{ м}$$

2. Приведенная масса

$$m_{пр} = (Q_{сг} / Q_o) m = 31,36 \cdot 10^6 / 4,52 \cdot 10^6 \cdot 240 \cdot 0,1 = 166,5 \text{ кг}$$

3. Избыточное давление взрыва, развиваемое при сгорании паровоздушной смеси

$$\Delta P = P_o (0,8 m_{\text{пр}}^{0,33}/r + 3 m_{\text{пр}}^{0,68}/r^2 + 5 m_{\text{пр}}/r^3) =$$

$$= 101 [0,8 (166,5)^{0,33}/80 + 3 (166,5)^{0,66}/80^2 + 5 (166,5)/80^3] = 7,0 \text{ кПа.}$$



Работа № 13. Расчет тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ

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

Постановка задачи

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. 13.1.

Таблица 13.1

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} ;
- распространение пожара возможно, даже если находящиеся в опасности резервуары охлаждаются - 36 кВт м^{-2} .



Рис. 13.1. Экспериментальные исследования, проведенные Академией ГПС МЧС России, по изучению пожарной опасности резервуара в условиях пожара

При непосредственном обмывании пламенем резервуара тепловые нагрузки составляют порядка $60...80 \text{ кВт м}^{-2}$ и такой пожар практически удержать невозможно.

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ, предусмотренный стандартом системы безопасности труда «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (ГОСТ Р 12.3. 047-98).

Задание

1. Записать название, а также содержание задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.
2. Изложить основные положения, характеризующие пожарную опасность теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ.
3. Изучить основные положения метода расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ и порядок выполнения работы.
4. Произвести расчеты тепловых нагрузок от пожара пролива ЛВЖ.
5. На основании полученных результатов расчета:

- сделать выводы о пожарной опасности для людей, соседних зданий и сооружений от теплового излучения при пожаре пролива ЛВЖ;
- определить категорию по пожарной опасности резервуарной группы.

6. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие защиту от тепловых нагрузок пожара, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

7. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения (см. способы и приемы снижения пожарной опасности), обеспечивающего снижение пожарной опасности от тепловых нагрузок пожара.

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

$$q = E_f F_q \tau, \quad (13.1)$$

где E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м² (табл. 13.2).;

F_q - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Таблица 13.2

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

$$d = \sqrt{\frac{4F_{ж}}{\pi}}, \quad (13.2)$$

где $F_{ж}$ - площадь пролива, м².

Рассчитывают высоту пламени H , м, по формуле

$$H = 42d \left(\frac{m}{\rho_{\text{в}} \sqrt{gd}} \right)^{0,61}, \quad (13.3)$$

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

$\rho_{\text{в}}$ - плотность окружающего воздуха, кг/м³;

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

Определяют угловой коэффициент облученности F_q по формулам:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (13.4)$$

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S_1} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S_1^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S_1} \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S_1 - 1}{S_1 + 1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1 - 1)}{(A-1)(S_1 + 1)}} \right) \right\} \right], \quad (13.5)$$

$$A = (h^2 + S_1^2 + 1) / 2S_1, \quad (13.6)$$

$$S_1 = 2r/d \quad (13.7)$$

r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта,

$$h = 2H/d; \quad (13.8)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B-1/S_1)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S_1 - 1)}{(B-1)(S_1 + 1)}} \right) - \frac{(A-1/S_1)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1 - 1)}{(A-1)(S_1 + 1)}} \right) \right], \quad (13.9)$$

$$B = (1 + S^2)/(2S). \quad (13.10)$$

Определяют коэффициент пропускания атмосферы по формуле

$$\tau = \exp [-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5d)]. \quad (13.11)$$

Продолжительность теплового воздействия пожара, с

$$\tau = \delta_{жс} \rho_{жс} / m, \quad (13.12)$$

где $\delta_{жс}$ - толщина слоя разлившейся жидкости, м;

$\rho_{жс}$ - плотность жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$

m - удельная массовая скорость выгорания топлива, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Категорирование наружных установок по пожарной опасности

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

Допускается классифицировать наружную установку, как категорию V_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 непроизводственные 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

1. Подготовить исходные данные по следующей форме:

- наименование ЛВЖ _____

- площадь разлива ЛВЖ при полном разрушении резервуара, $F_{жс} = \underline{\hspace{2cm}}$ м² (см. работу № 8);
- толщина слоя разлившейся жидкости, $\delta_{жс} = \underline{\hspace{2cm}}$ м (см. работу № 8);
- плотность ЛВЖ, $\rho_{жс} = \underline{\hspace{2cm}}$ кг м⁻³ (см. работу № 1);
- удельная массовая скорость выгорания ЛВЖ, $m = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/(м²·с) (принять по табл. 13.2, как для дизельного топлива);
- ρ_v - плотность окружающего воздуха (принять $\rho_v = 1,2$ кг/м³);
- ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

2. Для записи величины тепловых нагрузок от пожара пролива подготавливается следующая таблица.

Таблица 13.3

Тепловые нагрузки от пожара пролива жидкости

Расстояние от геометрического центра пролива жидкости, м	$R_n + 5$	$R_n + 10$	$R_n + 20$	$R_n + 40$
Тепловая нагрузка пожара, кВт/м ²				

2. Расчет тепловых нагрузок от пожара пролива по расчетным уравнениям, приведенным в разделе: «Метод расчета тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ» проводят по следующему алгоритму:

- приведенный диаметр пролива ЛВЖ, м (формула (13.2));
- высота пламени, м (формула (13.3));
- вспомогательные величины, h ; S_L , A , B для расчета коэффициента облученности (формулы (13.8; 13.7; 13.6; 13.10)) ;
- составляющие коэффициента облученности (формулы (13.5; 13.9));
- коэффициент облученности (формула (13.4)) ;
- коэффициент пропускания атмосферы (формула (13.11)) ;
- среднеповерхностную плотность теплового излучения пламени принять по табл.13.2, как для дизельного топлива, с учетом приведенного диаметра разлива ЛВЖ;
- интенсивность падающего теплового излучения, кВт/м² (формула (13.1)).

4. Построить график: «Зависимость тепловых нагрузок пожара от расстояния». По оси абсцисс отложить: «Расстояние, м. По оси ординат: «Тепловая нагрузка пожара, кВт/м²».

5. Используя данные табл. 13.3, по графику определить расстояния, на которых возможно:

- без негативных последствий для человека в течение длительного времени;
- безопасно для человека в брезентовой одежде;
- воспламенение хлопка-волокна через 15 мин;
- ожог 1-й степени через 6 - 8 с;
- воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин.
- распространение пожара в резервуарном парке маловероятно при достаточном охлаждении;
- распространение пожара в резервуарном парке возможно, даже если находящиеся в опасности резервуары охлаждаются;
- категорию по пожарной опасности резервуарной группы.

Вопросы для подготовки к защите работы

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.

Пример расчета тепловой нагрузки от пожара пролива бензина

Исходные данные для расчета

1. Площадь пролива ЛВЖ, $F_{\text{жс}} = 300 \text{ м}^2$.

2. Расстояние от геометрического центра пролива ЛВЖ до облучаемого объекта, $r = 40$ м.
3. Удельная массовая скорость выгорания ЛВЖ, $m = 0,06$ кг/(м²·с);

Расчет

Приведенный диаметр пролива ЛВЖ

$$d = \sqrt{\frac{4 F_{ж}}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot 300 / 3,14} \approx 19,5 \text{ м.}$$

Высота пламени

$$H = 42 d \left(\frac{m}{\rho_s \sqrt{g d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 19,5 \left(\frac{0,06}{1,2 \sqrt{9,8 \cdot 19,5}} \right)^{0,61} \approx 26,5 \text{ м.}$$

По табл. 13.2 определяем среднеповерхностную плотность теплового излучения пламени, $E_f = 47$ кВт/м².

Вспомогательные величины, h ; S_1 , A , B , необходимые для расчета коэффициента облученности

$$h = 2H/d = 2 \cdot 26,5/19,5 = 2,72;$$

$$S_1 = 2r/d = 2 \cdot 40/19,5 = 4,1;$$

$$A = (h^2 + S_1^2 + 1)/2S_1 = (2,72^2 + 4,1^2 + 1)/(2 \cdot 4,1) = 3,08;$$

$$B = (1 + S^2)/(2S) = (1 + 4,1^2)/(2 \cdot 4,1) = 2,17.$$

Составляющие коэффициента облученности

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

$$= \frac{1}{3,14} \left[\frac{1}{4,1} \cdot \arctg \left(\frac{2,72}{\sqrt{4,1^2 - 1}} \right) + \frac{2,72}{4,1} \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{4,1-1}{4,1+1}} \right) - \frac{3,08}{\sqrt{3,08^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(3,08+1)(4,1-1)}{(3,08-1)(4,1+1)}} \right) \right\} \right] = 0,00126.$$

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

$$= \frac{1}{3,14} \left[\frac{(2,17-1/4,1)}{\sqrt{2,17^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(2,17+1)(4,1-1)}{(2,17-1)(4,1+1)}} \right) - \frac{(3,08-1/4,1)}{\sqrt{3,08^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(3,08+1)(4,1-1)}{(3,08-1)(4,1+1)}} \right) \right] = 0,03236$$

Угловой коэффициент облученности

$$F_q = \sqrt{0,00126^2 + 0,03236^2} = 0,03240$$

Коэффициент пропускания атмосферы

$$\tau = \exp [-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5d)] = \exp [-7,0 \cdot 10^{-4} (40 - 0,5 \cdot 19,5)] = 0,979.$$

Интенсивность падающего теплового излучения на расстоянии 40 м от центра пролива ЛВЖ

$$q = E_f F_q \tau = 47 \cdot 0,0324 \cdot 0,979 = 1,5 \text{ кВт/м}^2.$$

При проведении многовариантных расчетов целесообразно использовать компьютерные программы. Пример расчета по типовой программе представлен на рис. 13.2.

Расчет тепловых нагрузок при пожаре пролива мазута

Исходные данные для РВС-10000

Площадь пролива, м ²	2000
Наименование горящего продукта	мазут
Удельная массовая скорость выгорания, кг/(м ² ·с)	0,015
Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени для диаметра пролива d = 50,46	40 кВт/м ²

Расчет

Наименование расчетного параметра	Значение параметра				
Эффективный диаметр пролива, м	50,46				
Эффективный радиус пролива, м	25,23				
Высота пламени, м	21,07				
	При расстоянии от центра пожара, м				
	30	35	40	45	50
Угловой коэффициент облученности	0,299	0,193	0,134	0,096	0,071
Коэффициент пропускания атмосферы	1	0,99	0,99	0,99	0,98
Интенсивность подающего теплового потока, кВт/м ²	11,92	7,67	5,31	3,8	2,79

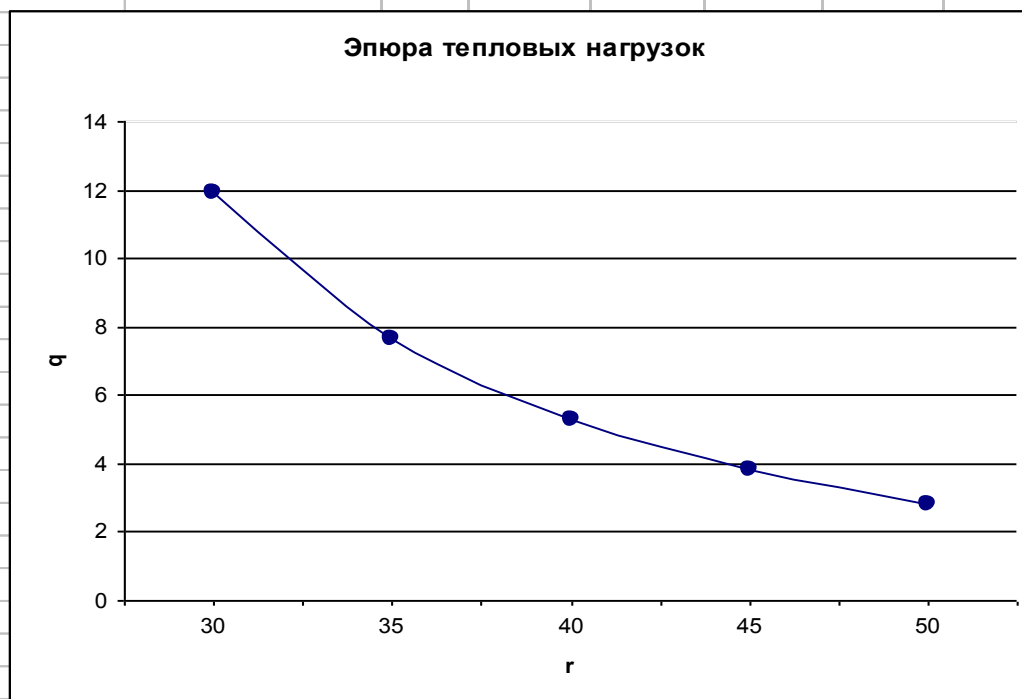


Рис. 13.2. Многовариантные расчеты тепловых нагрузок



Работа № 14.

Разработка пожарно-технической карты

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

Постановка задачи

Пожарно-техническая карта (ПТК) является одной из форм систематизации результатов анализа пожарной опасности и защиты технологических систем, то есть наглядное отражение пожарной опасности технологического процесса и имеющихся средств пожарной защиты, а также необходимых дополнительных мер, направленных на повышение пожарной безопасности объекта.

ПТК должна передавать информацию зрительно, что позволяет сильно сэкономить время при изучении материала и избежать многих ошибок по сравнению с описательным способом передачи информации.

Карта должна:

- нести информацию о технологии производства;
- давать представление о реальном размещении оборудования;
- нести информацию пожарной опасности технологического процесса;
- содержать информацию о средствах и мероприятиях пожарной защиты

Стандарт «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (ГОСТ Р 12.3.047-98) регламентирует проводить оценку опасности возникновения пожара и путей его распространения с помощью схем (карт) расположения опасного оборудования, построенных на основе планов производственных зданий, установок, этажек и помещений.

Здесь в настоящей работе отрабатывается методика разработки пожарно-технической карты.

Задание

1. Изучить основные положения, определяющие порядок разработки пожарно-технической карты.
2. Разработать пожарно-техническую карту.

Порядок разработки пожарно-технической карты

Разработку карты рекомендуется вести по следующим этапам:

- 1 этап - изучение технологии производства и составления упрощенной технологической схемы процесса;
- 2 этап - изучение расположения оборудования; выбор наиболее пожароопасных участков и оборудования, которые целесообразно изобразить. Разработка плана размещения оборудования.
- 3 этап - разработка текстовой пожарно-технической характеристики.
- 4 этап - графическое выполнение ПТК.

Рекомендации по составлению упрощенной технологической схемы

Технологическая схема, изображенная на карте пожарной опасности, позволить ясно представить физико-химическую сущность процессов и последовательность основных технологических операций по превращению сырья в готовую продукцию. Поэтому реальная технологическая схема должна быть упрощена.

Общие правила упрощения следующие:

- вместо нескольких параллельных одинаковых технологических линий - показать одну с целью последовательных технологических операций;
- при последовательном многократном повторении однотипных операции – показать одну операцию;
- вместо нескольких параллельных или последовательных аппаратов одинакового или примерно одинакового назначения показать один аппарат.
- исключить резервное оборудование;
- исключить или максимально упростить системы регенерации тепла;
- исключить обвязку оборудования вспомогательными трубопроводами;
- максимально упростить обвязку оборудования основными технологическими трубопроводами;
- исключить КИП и автоматику.

Рекомендации по составлению плана размещения оборудования

Вторым исходным документом для характеристики пожарной опасности технологии являются планы и разрезы помещений, этажерок и площадок с показом размещения технологического оборудования.

План размещения оборудования может охватывать не все производство, а только наиболее пожароопасные участки.

На плане размещения оборудования целесообразно представить следующую информацию:

- основные технологические аппараты с указанием их вместимости и степени заполнения;
- основные транспортные коммуникации с указанием их конструкции, и протяженности;
- технологические потоки обращающихся в производстве веществ и материалов;
- места хранения материалов с указанием их вида и количества;
- ограждающие строительные конструкции, в том числе проемы и проходы;
- места постоянного пребывания людей с указанием их количества;

Если принято размещение оборудования на нескольких высотах, следует представить поэтажные планы, планы рабочих площадок на различных отметках, вертикальные разрезы зданий или высотной технологической установки.

На плане размещения оборудования следует указать также нормативные характеристики пожарной опасности (категории, классы зон по ПУЭ).

Рекомендации по составлению пожарно-технической характеристики

Характеристики опасности и защиты можно выполнить в виде конкретного перечня (табл.14.1)

Таблица 14.1

Пожарно-техническая характеристика технологического процесса

Номер	Опасность	Защита
1	Материалы	
1.1	Наименование показателя	Мера защиты
2	Возникновение пожара	
2.1	Причина, место	Мера защиты
2.2
3	Распространение пожара	
3.1	Причина, место	Мера защиты
3.2
4	Пожарная нагрузка, МДж/м ²	Мера защиты
4.1	Участок
4.2	
5	Риск пожарной опасности для жизни людей	Нормативный
5.1	Участок	риск

5.2	
-----	-------	--

Как видно из таблицы, характеристики опасности охватывают:

- опасные материалы;
- опасность возникновения пожара;
- опасность распространения пожара;
- пожарную нагрузку;
- риск пожарной опасности для жизни людей.

Каждую характеристику опасности и защиты целесообразно на карте записать текстом под определенным порядковым номером, который при необходимости может быть обозначен также на технологической схеме и плане размещения оборудования.

По каждой мере защиты следует указать: выполнена она или предлагается. В тех случаях, когда выполненная или предлагаемая мера является нормативной, необходимо сделать ссылку на нормы и правила.

Порядковый номер характеристики должен состоять из двух цифр: первая обозначает принадлежность характеристики к определенной группе опасности, а вторая – порядковый номер характеристики в данной группе.

Форма представления характеристики опасности и защиты может отличаться от выше приведенной. Можно ограничиться представлением только характеристики опасности.

В табл. 14.2 представлена примерная форма характеристики опасности для технологической системы «РВС – ЛВЖ».

Правила графического оформления.

ПТК может оформляться на чертежных листах любого формата в зависимости от ее назначения. Примерное размещение материала на ПТК показано на рис. 14.1.

Масштаб графических изображений и размер шрифта в записях должны обеспечить размещение всей информации на одном чертежном листе.

При выполнении технологических схем не учитываются относительные размеры составных элементов и их взаимное расположение, т.е. выполняются без соблюдения масштаба.

Технологические аппараты на схеме могут быть изображены:

- а) в виде прямоугольников и других геометрических фигур;
- б) в виде упрощенных внешних очертаний элемента;
- в) в виде стандартного условного изображения.

Каждому аппарату присваивается номер по коду технологического потока или оставляют номер, который аппарат имел на технологической схеме. В экспликации дается расшифровка кодов технологических аппаратов.

Таблица 14.2

**Характеристика пожарной опасности
технологической системы «РВС - ЛВЖ»**

Предмет анализа	Описание опасности
Показатели пожаро- и взрывоопасности <hr/> (наименование ЛВЖ)	<p>Температура:</p> <ul style="list-style-type: none"> вспышки, $t_{всп} = \underline{\hspace{2cm}}$, °C; самовоспламенения, $t_{св} = \underline{\hspace{2cm}}$, °C; <p>Темп. пределы распр. пл.:</p> <ul style="list-style-type: none"> нижн., $t_{нп} = \underline{\hspace{2cm}}$, °C; верх., $t_{вп} = \underline{\hspace{2cm}}$, °C; <p>Конц. пределы распр. пл.:</p> <ul style="list-style-type: none"> нижн., $\phi_{нп} = \underline{\hspace{2cm}}$, % (об.); верх., $\phi_{вп} = \underline{\hspace{2cm}}$, % (об.); <p>Тепл. сгор., $H_n = \underline{\hspace{2cm}}$, МДж/кг</p>
Рабочее состояние системы	<p>Уровень взрывоопасности, $Z = \underline{\hspace{2cm}}$</p> <p>Ожидаемая частота пожара, $N_p = \underline{\hspace{2cm}}$ 1/год</p>
Остановка оборудования на диагностику и ремонт	<p>Причины образования ВОК:</p> <ul style="list-style-type: none"> негерметичное отключение резервуара от технологических коммуникаций; наличие остатка ЛВЖ в резервуаре; отсутствие контроля взрывобезопасной концентрации паров ЛВЖ при дегазации резервуара.
Аварийная ситуация	<p>Радиусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> разлива жидкости, $R_{раз} = \underline{\hspace{2cm}}$ м; зоны ВОК, $R_{вок} = \underline{\hspace{2cm}}$ м; зоны $\Delta P_{взр} \geq 5$ кПа, $R_{\Delta P \geq 5} = \underline{\hspace{2cm}}$ м; зоны $\Delta P^*_{взр} \geq 30$ кПа, $R_{\Delta P \geq 30} = \underline{\hspace{2cm}}$ м.
Пожар	<p>Характеристика пожара резервуара:</p> <ul style="list-style-type: none"> высота факела пламени, $H_{ф} = \underline{\hspace{2cm}}$, м плотность излучения пламени, $q_{ф} = \underline{\hspace{2cm}}$, МДж/м² <p>Период устойчивости резервуара к воздействию теплоизлучения от пожара в соседнем резервуаре, $\tau = \underline{\hspace{2cm}}$, мин.</p> <p>Факторы, способствующие выходу пожара за пределы резервуарной группы: разлив ЛВЖ; образование зоны ВОК; разрушение зданий и сооружений от воздействия $\Delta P_{взр}$; тепловое воздействие пожара разлива на соседние объекты.</p>
Нормативные показатели, характеризующие пожарную опасность технологической системы	<ul style="list-style-type: none"> категория склада по СНиП 2.11.03-93 - <u> </u>; уровень пожарной опасности технологических процессов по ГОСТ Р 12.3,047-98 - <u> </u>; категории пожарной опасности наружных установок по НПБ 105-03 - <u> </u>; взрывоопасные и пожароопасные зоны по ПУЭ - <u> </u>.

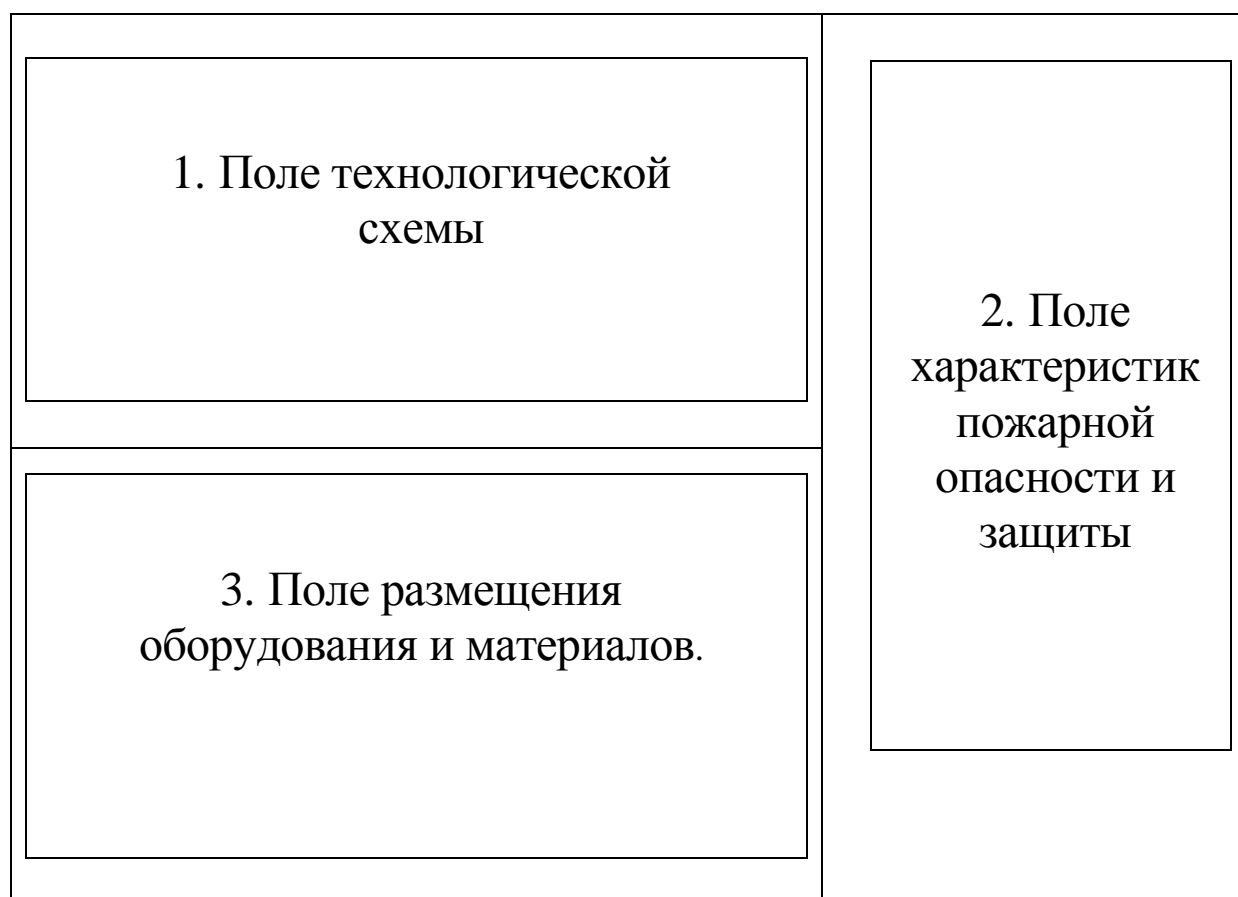


Рис.14.1. Примерная форма расположения материала
на пожарно-технической карте

Схема размещения оборудования и материалов на плане здания (производственного участка) представляет собой схему на обстановке. При этом обстановка выполняется тонкими, а элементы схемы и линии связи – сплошными линиями.

Примерная форма представления графической информации, выполняемого в рамках курсового проекта, показана на рис.14.2; 14.3; 14.4.

При отображении информации в разделе: «Зоны опасных факторов пожара» следует указать с соблюдением масштаба:

- зона разлива ЛВЖ в случае полного разрушения резервуара;
- зона взрывоопасных концентраций;
- зона поражения при пожаре-вспышке;
- зона разрушения резервуаров при сгорании паровоздушных смесей с образованием волн давления;
- зона опасная для человека при сгорании паровоздушных смесей с образованием волн давления;
- зона опасных тепловых нагрузок для человека при пожаре разлива ЛВЖ.

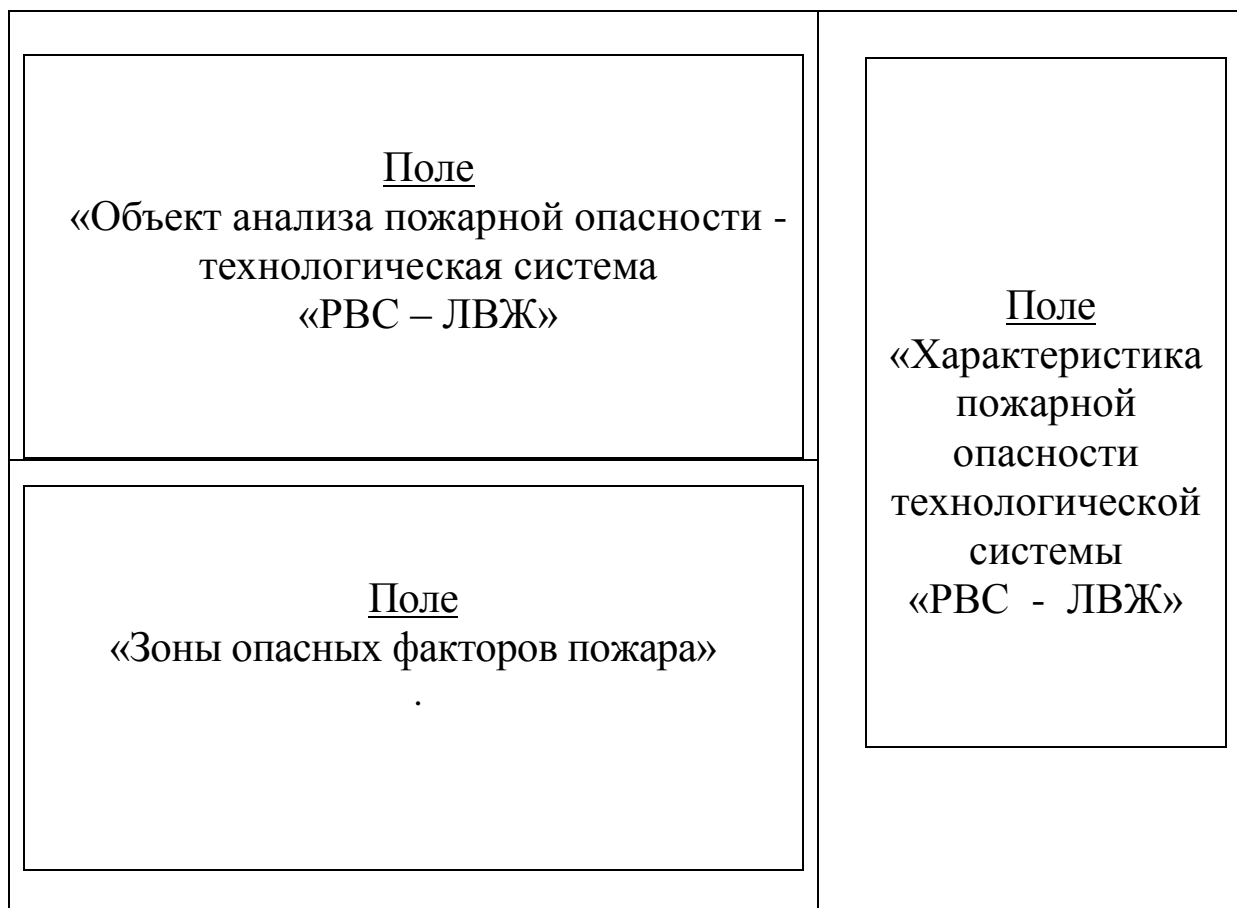


Рис.14.2

Конструкция и оборудование резервуара

(Тип резервуара)

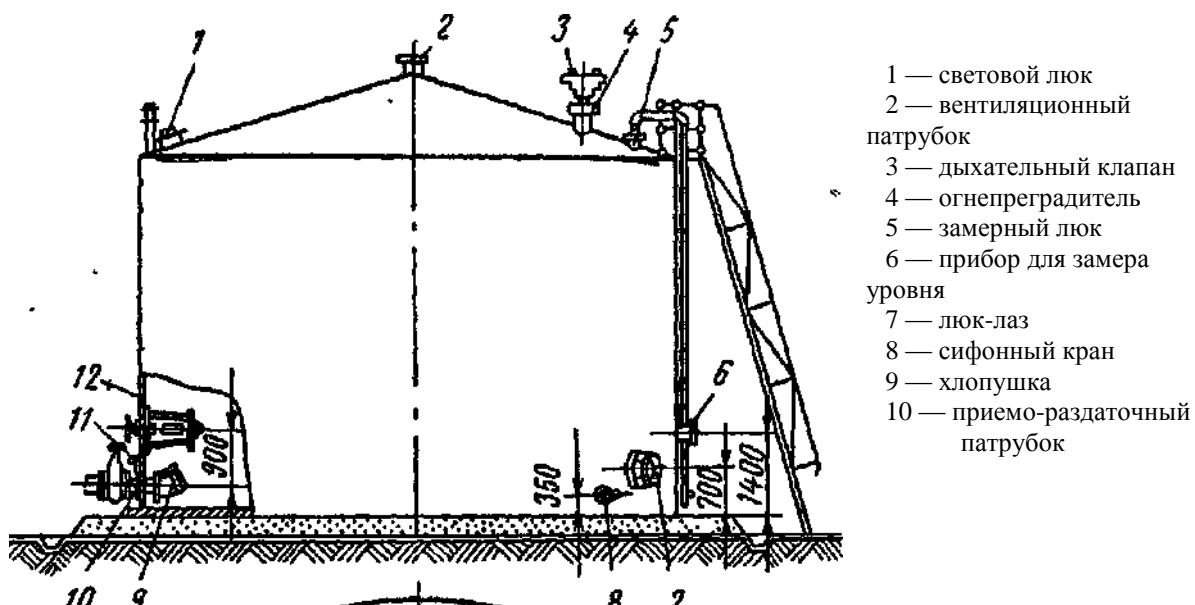


Рис. 14.3. Примерная форма представления информации об РВС

Исходные данные для выполнения расчетно-графических работ

Номер варианта для выбора исходных данных принимают по номеру в списке фамилий слушателей в учебном журнале. Порядковый номер в табл. 1.1; 1.2; 1.4 должен соответствовать номеру в списке фамилий слушателей в учебном журнале.

1. Основные сведения о технологической части типового проекта терминала химических продуктов

Проект терминала химических продуктов выполнен в соответствии с действующими нормами по пожарной безопасности в Российской Федерации.

Терминал химических продуктов предназначен для приема, хранения и отгрузки жидких химических продуктов по схеме – технологическая установка – насос – резервуар – насос – цистерна. Перечень хранимых продуктов на терминале приведен в табл. А.1.

Таблица А.1

Наименование хранимого химического продукта

№ п/п	Наименование	№ п/п	Наименование
1	Бутилацетат	16	Этилбензол
2	Бутилметилкетон	17	Этилбутират
3	Пропиловый спирт	18	Толуол
4	Этиловый спирт	19	Метанол
5	Изобутилметилкетон	20	Метилбутират
6	Растворитель РМЛ	21	Октан
7	Изобутилформиат	22	Пропиловый спирт
8	Изопропилацетат	23	Метиловый спирт
9	Изопропиловый спирт	24	3,3-Диметилгептан
10	Этанол	25	2,3-Диметилгексан
11	Изобутилметилкетон	26	Изобутилформиат
12	Ксилол (смесь изомеров)	27	Бутилформиат
13	Метилбутират	28	Аллиловый спирт
14	Метиловый спирт	29	Изооктан
15	Аллиловый спирт	30	Изобутиловый спирт

В основу проекта положены следующие технические решения:

- хранение химических продуктов в резервуарном парке (Номенклатура резервуаров со стационарной крышей для хранения химических продуктов приведена в табл. А.2);
- отгрузка химических продуктов в железнодорожные цистерны;
- после окончания проведения операции налива продукта в железнодорожные цистерны производится продувка технологической линии (насос – трубопровод) азотом.

Таблица А.2

**Номенклатура стальных вертикальных резервуаров
со стационарной крышей**

Вариант	Номинальная вместимость, м ³	Размеры резервуара, м		Толщина стенки верхнего пояса, мм
		диаметр	высота	
1-5	100	4,7	6,0	3
6-10	200	6,6	6,0	3
11-15	300	7,6	7,5	3
16-20	400	8,5	7,5	3
21-25	700	10,4	9,0	3
26-30	1000	10,4	12,0	4

2. Конструкция и оборудование резервуара

Для хранения химических продуктов применяют в стальные вертикальные цилиндрические резервуары (РВС) (рис.А.1).



Рис. А.1.
Общий вид резервуара со
стационарной крышей

Схема расположения оборудования на резервуаре приведена на рис. А.2.

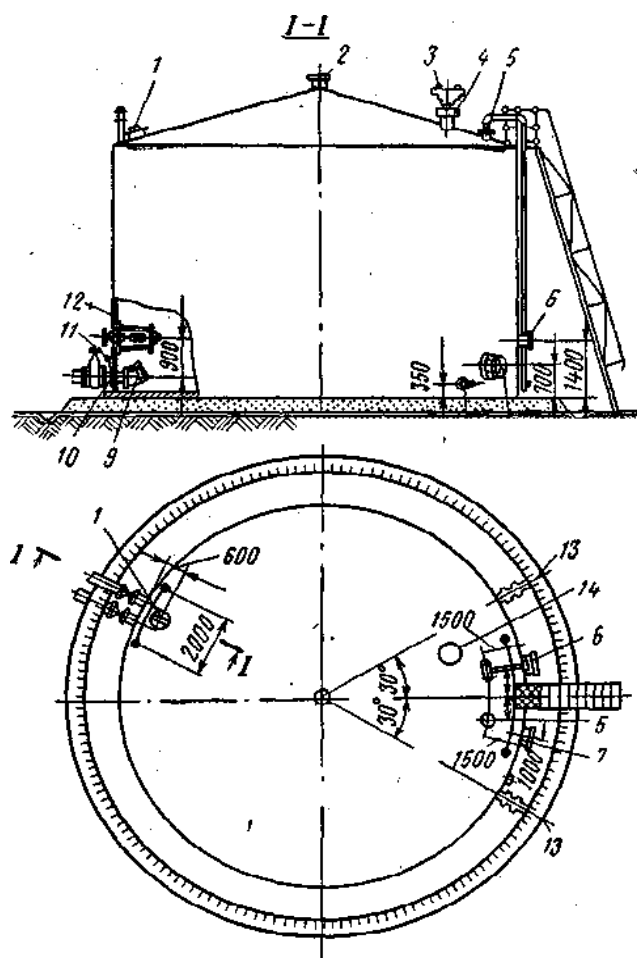


Рис. А.2. Схема расположения оборудования на вертикальных резервуарах

- 1 — световой люк;
- 2 — вентиляционный патрубок;
- 3 — дыхательный клапан;
- 4 — огневой предохранитель;
- 5 — замерный люк;
- 6 — прибор для замера уровня;
- 7 — люк-лаз;
- 8 — сифонный кран;
- 9 — хлопушка;
- 10 — приемо-раздаточный патрубок;
- 11 — перепускное устройство;
- 12 — узел управления хлопушкой;
- 13 — крайнее положение приемо-раздаточных патрубков по отношению к оси лестницы;
- 14 — предохранительный клапан.

Дыхательный клапан (рис. А.3) предназначен для сокращения потерь продуктов от испарения в резервуаре. Исходя из условия прочности и устойчивости конструкции резервуаров дыхательные клапаны рассчитаны на давление 200 мм вод. ст. и вакуум 25 мм вод. ст.

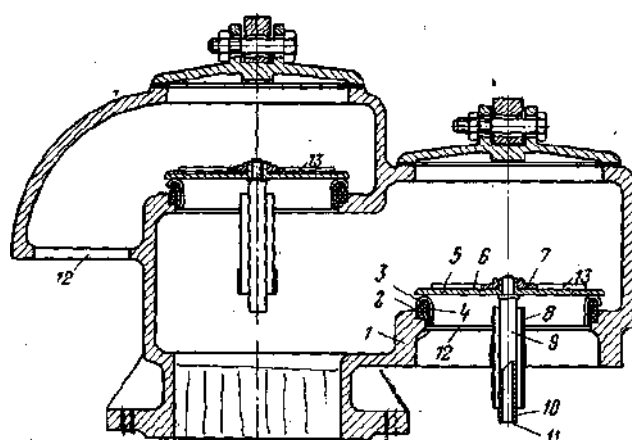
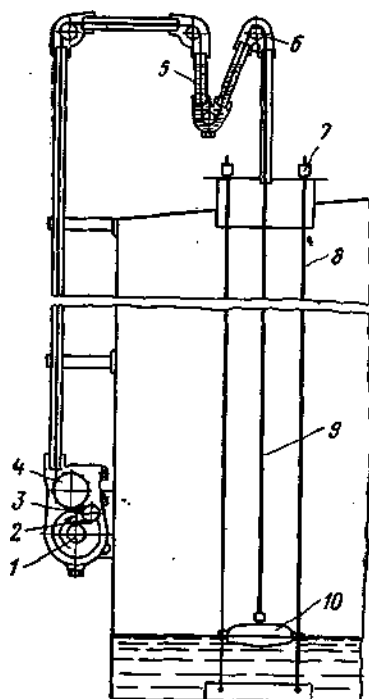


Рис. А.3. Дыхательный клапан

- 1 — корпус; 2 — кольцо;
- 3 — седло; 4 — покрытие (фторопласт-4); 5 — тарелка;
- 6 — пленка (фторопласт-4); 7 — прижимная гайка;
- 8 — направляющая фторопластовая трубка; 9 — шток; 10 — пленка (фторопласт-4);
- 11 — стержень; 12 — сетка;
- 13 — грузы.

Предохранительные клапаны предназначены для дублирования работы дыхательных клапанов в случае выхода их из строя.

Указатель уровня (рис. (А.4)) используют для измерения уровня жидкости в резервуаре. Указатели бывают как с местным отсчетом уровня, так и с дистанционной приставкой для передачи показаний в диспетчерский пункт.



Поплавок 10 (рис. (А.4)), подвешенный на перфорированной мерной ленте 9, при движении скользит вдоль направляющих струн 8, жестко закрепленных на дне резервуара и натянутых при помощи устройств 7, установленных на крыше выходного патрубка. Лента по роликам 6 проходит через гидрозатвор 5 и вступает в зацепление с мерным шкивом 4, перемещение которого от ленты передается на счетчик. Показания счетчика соответствуют жидкости в резервуаре.

Рис. А.4. Схема установки указателя уровня УДУ-5

Пробоотборник применяют для полуавтоматического отбора проб по всей высоте налитой в резервуар жидкости и слива пробы у основания резервуара.

Пробоотборник ПСР-4 (рис. А.5) состоит из пробоотборной колонны и узла 1 слива пробы. Для отбора пробы жидкости в пневмосистеме при помощи ручного насоса создают давление, равное 3 кгс/см^2 . При этом открываются все клапаны на секциях пробоотборной колонны и жидкость поступает в колонну.

После ее заполнения давление в системе снижают до нуля с помощью клапана сброса давления. Клапаны закрываются, и столб жидкости отсекается от основной массы жидкости. После этого, нажимая на рукоятку клапана слива пробы, жидкость сливают в пробоотборную посуду.

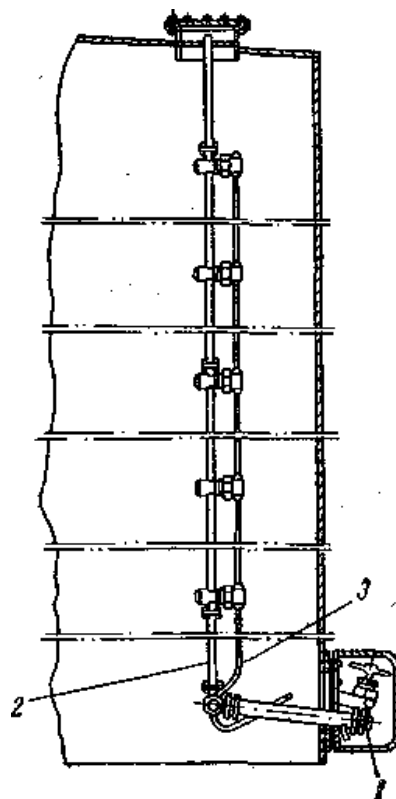


Рис.А.5. Пробоотборник ПСР-4

Приемо-раздаточные патрубки используют для проведения

операций по заполнению и опорожнению резервуара. Приемо-раздаточные патрубки внутри резервуара оборудованы хлопушками с перепуском, которые препятствуют самопроизвольному истечению жидкости из резервуаров (рис. А.6). Открытие хлопушки осуществляют при помощи специального электроприводного устройства управления хлопушками во взрывобезопасном исполнении, устанавливаемого снаружи резервуара, или вручную при помощи штурвала.

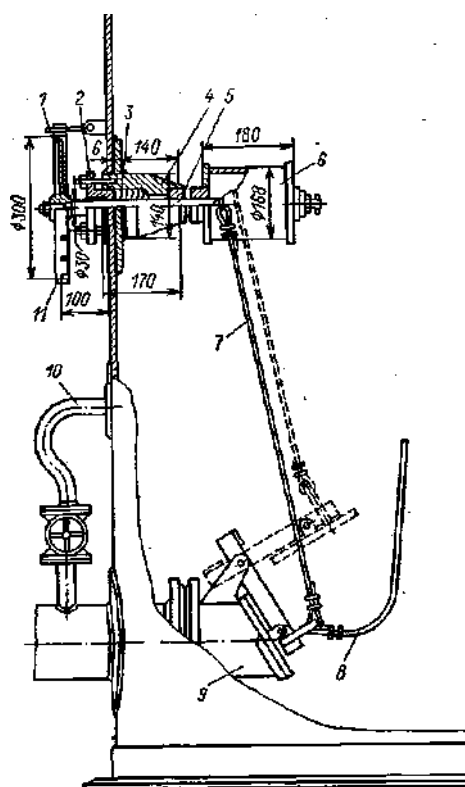


Рис. А.6. Хлопушка

- 1 — стопор; 2 — втулка сальника;
3 — сальниковая набивка; 4 — корпус сальника;
5 — вал подъемника; 6 — барабан; 7 — трос
подъемника; 8 — запасной трос; 9 — хлопушка;
10 — перепускное устройство; 11 — штурвал.

Верхний световой люк предназначен для проветривания во время ремонта и зачистки.

Люк - лаз предназначен для доступа внутрь резервуара рабочих для ремонта и зачистки скопившейся на дне грязи и для вентиляции резервуара перед проведением огневых работ. Диаметр его принимается обычно равным 500 мм.

Водоспускной кран (рис. А.7) служит для периодического удаления подтоварной воды, собирающейся над днищем резервуара.

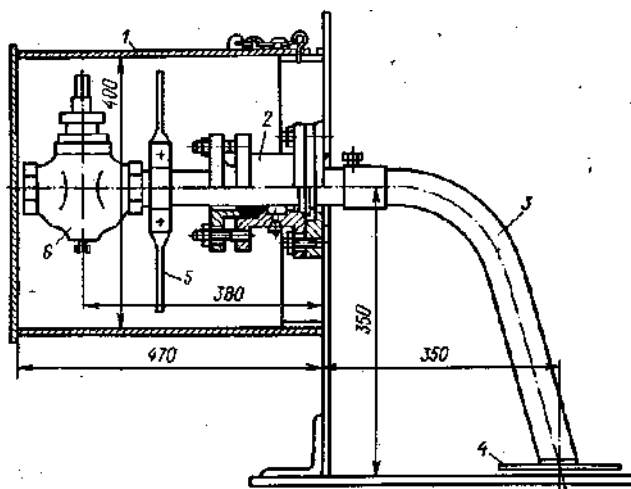


Рис. А.7. Водоспускной сифонный кран

- 1 — защитный чехол;
2 — сальниковое уплотнение;
3 — патрубок;
4 — защитная диафрагма;
5 — поворотная ручка;
6 — пробковый кран.

3. Район расположения терминала

Таблица А.3

№ п/п	Район расположения терминала	Число безоблачны х дней в июле	№ п/п	Район расположения терминала	Число безоблачны х дней в июле
1	Уфа	25	16	Оренбург	28
2	Архангельск	18	17	Пенза	26
3	Санкт-Петербург	19	18	Махачкала	28
4	Москва	23	19	Новосибирск	22
5	Владивосток	25	20	Калининград	21
6	Псков	21	21	Элиста	27
7	Тюмень	25	22	Кострома	23
8	Казань	24	23	Кемерово	25
9	Иркутск	23	24	Киров	21
10	Воронеж	25	25	Сыктывкар	20
11	Барнаул	27	26	Красноярск	25
12	Улан-Удэ	26	27	Краснодар	28
13	Курск	23	28	Новороссийск	27
14	Челябинск	24	29	Астрахань	29
15	Саратов	27	30	Благовещенск	21

**Требования пожарной безопасности,
направленные на повышение устойчивости к пожару
объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ.
Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной
безопасности объектов нефтепродуктообеспечения,
расположенных на селитебной территории»**

Исполнители: Сучков В.П. - руководитель темы (МИПБ МВД России); Куликов А.В. (АО "ВНИИПИНЕФТЬ"); Молчанов В.П. (ГУГПС МВД России); Шаталов А.А (Госгортехнадзор России), Шевчук А.П., Бородкин А.Н., Гуринович Л.В., Смирнов С.П. (ВНИИПО МВД России); Шароварников А.Ф., Парцевский В.В., Швырков А.Н. (МИПБ МВД России).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации направлены на повышение устойчивости объектов нефтепродуктообеспечения (нефтебаз, наливных пунктов, автозаправочных станций и т. п.), расположенных на селитебных территориях*, к возникновению и развитию на них пожаров.

* **Селитебная территория** города - территория, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, в том числе научно-исследовательских институтов и их комплексов, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон; для устройства путей внутригородского сообщения, площадей, парков, садов, бульваров и других мест общего пользования. (По СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений).

1.2. Повышение устойчивости к возникновению и развитию пожаров объектов нефтепродуктообеспечения достигается за счет:

- модернизации, а также своевременной замены оборудования, прошедшего нормативный срок службы, на более взрывопожаробезопасное;
- применения взрывобезопасных технологий хранения нефтепродуктов;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефтепродукта за пределы обвалования и контакт взрывоопасной зоны с возможными источниками зажигания;

- противопожарной защиты, обеспечивающей предотвращение развития пожара в крупномасштабную аварию, связанную с выходом в селитебную зону;
- организационных мероприятий по подготовке персонала объектов нефтепродуктообеспечения к предупреждению, локализации и ликвидации аварий и пожаров.

1.3. Перечисленные в настоящих рекомендациях мероприятия пожарной безопасности (в дальнейшем - мероприятия), направленные на повышение устойчивости к возникновению и развитию пожара объектов нефтепродуктообеспечения, являются дополнительными к мероприятиям, установленным действующими нормативными документами по пожарной безопасности.

1.4. Комплекс мероприятий, предусмотренных настоящими рекомендациями, должен основываться на результатах анализа пожарной опасности объекта нефтепродуктообеспечения для населения и территории и обеспечивать их безопасность согласно стандарту "Пожарная безопасность. Общие требования" (ГОСТ 12.1.004-91).

В случае, если комплекс дополнительных мероприятий не позволяет обеспечить пожарную безопасность согласно стандарту "Пожарная безопасность. Общие требования", объект нефтепродуктообеспечения подлежит выводу из эксплуатации.

1.5. Анализ пожарной опасности объектов нефтепродуктообеспечения проводят на основе разработки модели возникновения и развития аварии с переходом в пожар (сценарий) применительно к конкретному случаю расположения объекта нефтепродуктообеспечения на селитебной территории (прил. 1).

Количественное определение пожарной опасности производят согласно стандарту "Пожарная безопасность. Общие требования".

Для наиболее опасного сценария - полного разрушения резервуара с образованием гидродинамической волны нефтепродукта, промывающей или перехлестывающей обвалование и разливающейся на большой площади, - показатели пожарной опасности определяют по методике (прил. 2), разработанной в соответствии с требованиями стандарта "Пожарная безопасность. Общие требования".

1.6. Сроки приведения объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебных территориях, в соответствие с настоящими рекомендациями определяются в каждом конкретном случае руководителями предприятий по согласованию с Государственной противопожарной службой МВД России.

1.7. Предлагаемые к настоящим рекомендациям мероприятия, связанные с внедрением взрывобезопасных технологий, заменой на

современные, более взрывобезопасные виды оборудования и сооружений, средств пожаротушения, а также новых типовых проектных решений противоаварийной и противопожарной защиты, осуществляются по мере их разработки и отечественного промышленного производства.

1.8. Внедрение мероприятий может производиться при наличии проектной документации, согласованной и утвержденной в установленном порядке.

2. ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

2.1. Взрывобезопасная технология - комплекс технических мероприятий, обеспечивающий повышенную устойчивость при нормальном функционировании объекта нефтепродуктообеспечения к возникновению пожара за счет взрывобезопасной паровоздушной среды внутри и снаружи резервуаров, газовых обвязок и других технологических сооружений и аппаратов.

2.2. Взрывобезопасная технология хранения нефтепродуктов в вертикальных резервуарах со стационарной крышей предусматривает применение газоуравнительных обвязок, газгольдеров и устройств улавливания паров.

2.3. Газоуравнительные обвязки целесообразно защищать антидетонационными огнепреградителями.

Допускается установка вместо антидетонационных огнепреградителей барбаторов, обеспечивающих постоянное поддержание в газоуравнительной обвязке концентрации паров нефтепродукта выше верхнего концентрационного предела распространения пламени.

2.4. При перемещении горючих газов и паров по трубопроводам газоуравнительных обвязок следует предусматривать меры, исключающие конденсацию перемещаемых сред или обеспечивающие надежное и безопасное удаление жидкости из транспортной системы.

2.5. При невозможности или нецелесообразности выполнения мероприятий, изложенных в п. 2.2, следует перепрофилировать предприятие нефтепродуктообеспечения на хранение менее пожаровзрывоопасных нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах со стационарной крышей:

- в I климатическом районе - с температурой вспышки не менее 25 °С;
- во II и III климатических районах - с температурой вспышки не менее 30 °С;

- в IV климатическом районе - с температурой вспышки не менее 35 °С.

Распределение климатических районов приведено в СНиП "Строительная климатология и геофизика".

2.6. Взрывобезопасность технологии хранения нефтепродуктов в резервуарах с понтонами, т. е. предотвращение образования взрывоопасной концентрации в надпонтонном пространстве резервуара, достигается за счет:

- применения уплотняющего затвора понтона с повышенной герметичностью (табл. 1);
- оборудования резервуара с понтоном вентиляционными люками (табл. 2 и 3) при условии, что коэффициент герметичности уплотняющего затвора не превышает нормативного значения, равного $1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{ч}^{-1}$.

Выбор того или иного технического решения производится на основании паспортных данных на коэффициент герметичности уплотняющего затвора понтона или экспериментального определения коэффициента герметичности согласно действующим в отрасли методикам.

2.7. В процессе эксплуатации резервуара со взрывоопасным надпонтонным пространством, т. е. отвечающего требованиям п. 2.6, не реже 1 раза в квартал герметичность уплотняющего затвора понтона оценивают посредством измерения концентрации паров нефтепродуктов в надпонтонном пространстве резервуара на расстоянии не менее 1 м от крыши в первой половине дня при неподвижном уровне нефтепродукта.

В случае превышения концентрации паров углеводородов более $20 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ и невозможности установления причины резервуар следует вывести из эксплуатации до ее устранения.

При наличии вентиляционных люков их необходимо загерметизировать крышками.

2.8. При хранении котельных топлив предотвращение взрывоопасных концентраций в свободном от жидкости пространстве может быть достигнуто за счет оборудования резервуара со стационарной крышей вентиляционными люками (см. табл. 2 и 3).

2.9. При хранении бензинов в горизонтальных стальных резервуарах на нефтебазах и в емкостях автозаправочных станций, а также на автотранспортных средствах доставки следует применять взрывоустойчивые "сотовые" технологии хранения или другие технические решения, обеспечивающие пожаровзрывобезопасность технологии хранения.

2.10. Технологическая схема нефтебазы или наливного пункта может обеспечивать как функции распределительной нефтебазы, так и другие функции.

2.11. Железнодорожные эстакады для слива легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки менее 28 °С следует оборудовать сливными устройствами, обеспечивающими нижний герметизированный слив.

2.12. Отпуск нефтепродуктов в автомобильные цистерны необходимо осуществлять только на наличных автомобильных эстакадах. Автомобильные эстакады оборудуют системой улавливания паров наливаемых легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки менее 28 °С.

Таблица 1

Значения коэффициентов герметичности, при которых выделение паров из зоны уплотняющего затвора способно дегазироваться за счет "малых дыханий"

Вместимость РВСП, м ³	Коэффициент герметичности (K_z) уплотняющего затвора, м·ч ⁻¹
400	$K_z \leq 1 \cdot 10^{-8}$
700, 1000, 2000, 3000	$K_z \leq 1 \cdot 10^{-7}$
5000 и более	$K_z \leq 1 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2

**Число вентиляционных люков,
устанавливаемых на крыше резервуара с понтоном**

Диаметр резервуара, м	Число люков
менее 19	4
19-23	6
более 23	12

Таблица 3

Параметры проема вентиляционного люка

Тип проема	Параметры проема вентиляционного люка			Область применения (климатические районы и подрайоны)
	Площадь, м ²	Ширина, м	Высота, м	
1	0,095	0,401	0,237	ИБ, ИГ, ИА
2	0,125	0,461	0,271	ИА, ИВ, ИД, ИБ, ИВ, ИЕ
3	0,167	0,532	0,313	ША, ШБ, ШВ, IVA, IVБ, IVВ, IVГ

3. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

3.1. Противоаварийная защита - комплекс дополнительных технических и организационных мероприятий, обеспечивающих устойчивость технологии наземного, хранения нефтепродукта к его неконтролируемому (аварийному) выходу, с последующими эшелонами защиты по ограничению площади разлива нефтепродукта вплоть до предотвращения контакта взрывоопасного облака с возможными источниками зажигания.

3.2. Эксплуатируемую резервуарную емкость в полном объеме следует подвергнуть комплексному обследованию в соответствии с действующими нормативными документами на предмет ее дальнейшей безопасной эксплуатации с выдачей технического заключения об её состоянии.

3.3. Плановый контроль за техническим состоянием резервуаров, в том числе и их днищ, осуществляется в соответствии с действующей системой планово-предупредительных ремонтов оборудования.

3.4. При замене резервуаров на новые фундаменты следует оборудовать радиальными каналами, обеспечивающими визуальный контроль возможной утечки нефтепродукта из днища резервуара и его отвод на локальные очистные сооружения.

3.5. В качестве дополнительных мер, направленных на ограничение площади аварийного разлива нефтепродуктов на случай полного (хрупкого) разрушения резервуара, следует рассматривать:

- устройство специальной защитной стены обвалования, способной удерживать жидкость в случае полного разрушения резервуара;
- использование кольцевой дороги вокруг группы резервуаров, имеющей возвышение не менее 1,5 м над планировочной отметкой внутри основного обвалования;
- устройство вокруг территории нефтебазы или наливного пункта глухого железобетонного забора.

3.6. Временными мерами, до выполнения требований п. 3.5, обеспечивающими как снижение опасности хрупкого разрушения резервуара, так и последствий разрушения, могут быть:

- бандажирование стенок резервуаров согласно действующим нормативным документам;
- регламентирование максимального уровня взлива нефтепродукта с учетом технического состояния резервуара.

3.7. Электроприводные задвижки должны устанавливаться за пределами обвалования.

3.8. Молниезащиту резервуарного парка целесообразно выполнять в виде отдельно стоящих стержневых молниеотводов.

3.9. Распределительные устройству трансформаторные и преобразовательные подстанции без средств взрывозащиты, для которых имеется опасность затекания паров нефтепродуктов, целесообразно располагать на возвышенных участках территории. Возможны другие меры, обеспечивающие взрывобезопасность объектов.

3.10. Территорию предприятия нефтепродуктообеспечения необходимо обследовать на наличие нефтепродуктовых линз в грунте.

Обнаруженные нефтепродуктовые линзы должны быть ликвидированы. В дальнейшем следует предусмотреть дополнительные меры защиты, обеспечивающие контроль за образованием линз и предотвращающие их проникновение на селитебную территорию.

3.11. Территория внутри обвалования, а также поверхность самого обвалования должны иметь гидроизоляцию, обеспечивающую предотвращение проникновения нефтепродукта в грунт.

3.12. Система контроля и управления технологическими процессами в резервуарных парках должна обеспечивать подачу аварийного звукового и/или светового сигнала при самопроизвольном снижении уровня нефтепродукта в резервуаре, а при превышении максимально допустимого уровня разлива, кроме подачи сигналов, автоматическое отключение подающих насосов по команде сигнализаторов предельного уровня разлива, установленных на резервуаре.

3.13. Резервуары целесообразно оборудовать системами, предотвращающими возможность попадания нефтепродукта в дренированную подтоварную воду.

3.14. Технологическая схема должна обеспечивать аварийное освобождение (аварийный слив) нефтепродукта из резервуара самотеком и/или посредством подключения передвижных средств перекачки.

При обеспечении объекта энергоснабжением по первой категории надежности допускается осуществление аварийного слива технологическими насосами.

3.15. Для аварийного приема нефтепродукта, как правило, должны использоваться специально предусмотренные для этих целей системы (неиспользуемые емкости резервуарного парка, отводы от линейной части магистральных нефтепродуктопроводов, ж/д и автоцистерны), рассчитанные на вместимость наибольшего резервуара.

3.16. Специальные системы аварийного приема нефтепродукта должны оснащаться средствами контроля и управления, предотвращающими перелив нефтепродуктов.

3.17. Насосные для перекачки легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки менее 28 °С могут быть открытыми под навесом.

3.18. В открытых насосных, расположенных под навесами, площадь устраиваемых в них защитных боковых ограждений должна составлять не более 50 % общей площади закрываемой стороны (считая по высоте от пола до выступающей части покрытия насосной).

Защитные боковые ограждения открытых насосных должны быть несгораемыми и по условиям естественной вентиляции не доходить до пола и покрытия насосной не менее чем на 0,3 м.

3.19. Насосы, применяемые для перекачки нефтепродуктов, оснащаются:

- блокировками, исключающими пуск или прекращение работы насоса при отклонении уровня жидкости в резервуаре от предельно допустимых максимального и минимального уровней взлива нефтепродуктов;
- системами сигнализации и блокировки, отключающими насосы в случае возникновения нерегламентированной утечки перекачиваемого нефтепродукта.

3.20. Все всасывающие и напорные технологические трубопроводы должны иметь отсекающую арматуру, расположенную вне насосной.

На нагнетательном трубопроводе должна предусматриваться установка обратного клапана или другого устройства, предотвращающего перемещение нефтепродукта в противоположном направлении.

3.21. Приемные колодцы, предназначенные для приема утечек или перелива нефтепродуктов, целесообразно оборудовать "самозатухающими устройствами", способными ликвидировать возникшее горение нефтепродукта.

3.22. Прокладка технологических трубопроводов на территории объекта должна быть наземной, исключать их провисание и обеспечиваться защитой от возможного механического повреждения.

При необходимости прокладки технологических трубопроводов в лотках или траншеях должна быть предусмотрена их засыпка песком или грунтом, исключающая возможность образования свободного пространства между перекрытием лотков и поверхностью грунта.

3.23. При прокладке технологических трубопроводов через строительные конструкции зданий и другие препятствия должны приниматься меры, исключающие возможность передачи дополнительных нагрузок на трубопроводы.

3.24. Технологические трубопроводы, как правило, не должны иметь фланцевых или других разъемных соединений.

Фланцевые соединения допускаются только в местах установки запорной арматуры. При этом они не должны размещаться в местах постоянного пребывания или прохода людей.

3.25. Для предприятий нефтепродуктообеспечения, подключенных к отводам магистральных нефтепродуктопроводов, на технологических трубопроводах закачки бензина в резервуары с понтоном необходимо предусматривать устройства, обеспечивающие предотвращение проскока газовых пробок в резервуар.

3.26. Предприятие нефтепродуктообеспечения должно быть снабжено специальными техническими средствами для:

- ликвидации возможных утечек и свищей;
- снижения интенсивности испарения при аварийном разливе нефтепродукта;
- проведения аварийной откачки нефтепродукта.

Выбор технических средств для снижения интенсивности испарения производят, исходя из максимально возможной площади разлива нефтепродукта.

3.27. Для постоянного контроля за состоянием взрывобезопасности среды во взрывопожароопасных помещениях и на открытых взрывопожароопасных территориях должны предусматриваться автоматические сигнализаторы довзрывоопасных концентраций с сигнализацией предельно допустимых величин.

Система электропитания сигнализаторов должна дублироваться от независимого источника энергоснабжения.

3.28. Места установки датчиков определяют согласно ТУ-газ-86 "Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов".

3.29. Система постоянного контроля за состоянием взрывобезопасности среды на территории автомобильной наливной эстакады при превышении концентраций паров нефтепродуктов в зоне налива более 20 % нижнего концентрационного предела распространения пламени должна обеспечивать:

- отключение энергообеспечения эстакады;
- блокирование движения автомобильного транспорта;
- информацию водителей о недопущении запуска двигателей автомобилей.

3.30. Размещение пультов управления технологическими процессами и пожарной насосной или их конструкции должны исключать выведение их из строя при взрыве внешнего взрывоопасного паровоздушного облака или пожара.

3.31. Для обеспечения безопасности населения от распространения облака взрывоопасных концентраций паров нефтепродуктов и/или тепловой энергии пожара могут устанавливаться стационарные паровые или водяные завесы со стороны близлежащих жилых кварталов.

3.32. Для оповещения людей, которые могут находиться в зонах повышенного риска в случае возникновения и развития аварийной ситуации по наиболее опасному сценарию (прил. 2) целесообразно предусмотреть устройство громкоговорящей связи и специальные сигналы оповещения.

4. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

4.1. Противопожарная защита - комплекс дополнительных технических и организационных мероприятий, обеспечивающих повышенную устойчивость объекта к развитию пожара в крупномасштабную аварию, связанную с выходом в селитебную зону.

4.2. Повышенная устойчивость объекта к развитию пожара достигается за счет уменьшения пожарной опасности очага пожара и (или) повышения тактико-технических возможностей подразделений пожарной охраны предприятия нефтепродуктообеспечения, исходя из условия локализации, а затем и ликвидации пожара, развивающегося по наиболее неблагоприятному сценарию.

4.3. Эффективность повышения тактико-технических возможностей подразделения пожарной охраны предприятия нефтепродуктообеспечения может быть достигнута за счет применения следующих современных средств и систем пожаротушения:

- подслоного тушения (СПТ) пожаров в резервуарах со стационарной крышей и в пространстве между резервуаром и специально установленной защитной стеной, рассчитанной на удержание жидкости в случае полного разрушения резервуара;
- снижения опасности процесса испарения аварийно пролитых из резервуара нефтепродуктов;
- комбинированных гидромониторов для подачи воды и пены;
- эжекционных генераторов высокократной пены;
- пленкообразующих пенообразователей типа "Легкая вода".

Расчет преобразователя должен быть определен для наиболее неблагоприятного сценария развития пожара с учетом его трехкратного запаса.

4.4. Тактико-технические возможности пожарной охраны объекта нефтепродуктообеспечения должны обеспечивать возможность тушения пожара в резервуаре наибольшей вместимости.

4.5. Расчетную продолжительность боевых действий пожарных подразделений при тушении пожара в резервуарном парке следует принимать равной 6 ч.

Неиспользуемая емкость резервуарного парка может быть заполнена водой для целей пожаротушения.

4.6. В качестве дополнительных мер, обеспечивающих защиту наземных резервуаров от тепловой энергии пожара, следует рассматривать:

- оборудование стационарными системами охлаждения резервуаров, конструкция которых не должна иметь жестких связей с корпусом резервуара и иметь дополнительные вводы с противоположных сторон обвалования для подачи воды от передвижной пожарной техники;
- устройство дополнительного внутреннего обвалования в группе между резервуарами;
- установку на дополнительном внутреннем обваловании роботизированных стволов или установку на внешнем обваловании комбинированных гидромониторов, обеспечивающих кроме подачи воды на охлаждение резервуаров подачу пены низкой кратности для снижения интенсивности испарения или тушения пожара.

4.7. Защита от разгерметизации фланцевых соединений коренных задвижек должна осуществляться за счет одного из следующих технических решений:

- применения огнестойкого покрытия, обеспечивающего предел огнестойкости до разгерметизации не менее 1 ч;
- устройства системы локального орошения коренных задвижек.

Как временная мера защиты от разгерметизации фланцевых соединений до выполнения одного из вышеуказанных требований допускается установка над коренными задвижками резервуаров металлических козырьков или других устройств, обеспечивающих предотвращение фонтанирования при разгерметизации в условиях пожара.

4.8. Противопожарную защиту насосной целесообразно осуществлять с использованием эжекционных пеногенераторов, обеспечивающих подачу пены кратностью 700-800 без принудительного наддува воздуха от электровентиляторов.

Огнетушащая эффективность пены высокой кратности сохраняется, несмотря на возникающие и процессе пожара или взрыва сквозные проемы.

4.9. На сливноналивных железнодорожных и автомобильных эстакадах целесообразно предусматривать стационарную установку комбинированных гидромониторов со специальными насадками, которые обеспечивают образование компактных водяных и расширенных струй низкократной пены.

Линия подачи водного раствора пенообразователя оборудуется пеносмесителем эжекционного типа для забора из передвижной емкости пенообразователя.

При пожаре до подвода пенообразователя гидромониторы используют для подачи компактных струй воды на охлаждение.

4.10. Для защиты сгораемых конструкций зданий и сооружений, расположенных на селитебной территории в зоне воздействия опасной тепловой энергии пожара, последние могут быть защищены дренчерными завесами с внешней стороны, т.е. со стороны воздействия тепла пожара.

Приложение В

Требования пожарной безопасности при подготовке технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ. Извлечения из «Правил пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения (ВППБ 01-01-94)»

РАЗРАБОТАНЫ

СКВ «Транснефтеавтоматика» с участием специалистов ГУГПС, ВНИИПО, ВИПТШ МВД России по заказу Главнефтепродукта ГП «Роснефть».

ИСПОЛНИТЕЛИ

Сучков В.П., канд. техн. наук (руководитель темы); Клубань В.С., канд. техн. наук; Соснин Б.С.; Логинов Ю.И.; Молчанов В.П.

7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПО ПРИВЕДЕНИЮ ОБЪЕКТА В БЕЗОПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ОГНЕВЫХ РАБОТ

7.1. Организационные требования

7.1.1. Временные огневые работы на действующих взрывопожароопасных и пожароопасных объектах допускаются в исключительных случаях, когда эти работы невозможно проводить в постоянных для этой цели местах. Проведение работ без принятия мер, исключающих возникновение пожара (взрыва), запрещается.

7.1.2. Временные предремонтные, ремонтные и огневые работы на

взрывопожароопасных объектах должны, как правило, проводиться специализированными подрядными организациями, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

7.1.3. К проведению огневых работ разрешается допускать лиц, прошедших специальную подготовку и имеющих квалификационное удостоверение и талон по технике пожарной безопасности.

7.1.4. Ответственность за обеспечение мер пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ возлагается на руководителей предприятий, цехов, лабораторий, мастерских, складов и производственных участков, в помещениях, на территории которых будут проводиться огневые работы. При этом для организации подготовки объекта и проведения огневых работ назначается приказом по предприятию ответственное лицо, в том числе и при выполнении работ на объекте подрядной организацией.

7.1.5. При подготовке к ремонтным и огневым работам ответственное лицо определяет объем работ, опасную зону, оборудование и технологию, разрабатывает проект организации работ (ПОР), оформляет наряд-допуск. Наряд-допуск является письменным разрешением на производство огневых работ в течение всего срока, необходимого для выполнения указанного в наряде объема работ.

В ПОР должны отражаться: состав, последовательность и пожаробезопасные режимы технологических операций по предремонтной подготовке; технологические схемы; типы технологического оборудования с указанием маркировки по взрывозащите (для электрооборудования); схемы расположения заглушек (задвижек) и т.п.

Кроме того, для проведения ремонтных работ на резервуаре составляется акт о готовности к проведению ремонта резервуара с ведением огневых работ.

7.1.6. Разработку мер безопасности, отражаемых в наряде-допуске, следует проводить в соответствии с требованиями [ППБ-01-03](#), а также других нормативных документов отрасли, регламентирующих вопросы безопасности при проведении огневых работ и подготовке технологического оборудования к ремонту.

7.1.7. При составлении наряда-допуска должен быть решен вопрос о применении:

- оборудования для создания воздушных (водяных или паровых) завес;
- переносного вентиляционного агрегата взрывозащищенного исполнения для местной вентиляции;
- герметизирующей кабины с подпором воздуха;
- приборов непрерывного газового контроля довзрывоопасной

концепции.

7.1.8. Перерыв в работе в течение или после окончания рабочей смены оформляется в наряде-допуске с указанием даты и времени с подписями лица, выдающего наряд-допуск и ответственного за проведение огневых работ.

7.1.9. В случае необходимости изменения вида, увеличения объема работ и расширения рабочего места оформляется новый наряд-допуск.

Запрещается вносить в наряд-допуск исправления, перечеркивания и оформлять записи карандашом.

7.1.10. Наряд-допуск выписывается в двух экземплярах и утверждается руководителем или главным инженером предприятия. На объектах, охраняемых пожарной охраной, наряд-допуск должен быть согласован с объективной пожарной охраной.

Один экземпляр наряда-допуска вручается непосредственно руководителю работ, другой хранится в течение года на объекте.

7.1.11. Лицо, утвердившее наряд-допуск на проведение огневых работ, обязано организовать выполнение мероприятий, обеспечивающих взрывопожаробезопасность подготовительных и огневых работ.

7.1.12. Руководство объекта и работники пожарной охраны имеют право приостановить работы подрядчика при нарушении Правил пожарной безопасности и отстранить от работы нарушителя или всю бригаду.

7.1.13. Для ликвидации аварий при наличии условий возникновения пожара, взрыва, отравления людей создается штаб из руководителя предприятия (структурного подразделения), представителя аварийных служб, пожарной охраны или других служб по мере их необходимости. Огневые работы проводятся под непосредственным руководством руководителя (заместителя) структурного подразделения.

7.2. Освобождение оборудования от нефтепродукта

7.2.1. Опорожнение можно осуществлять в резервуары или в специально предназначенные емкости.

7.2.2. Если порядок освобождения ремонтируемого оборудования не предусмотрен технологической схемой, то такая схема должна быть составлена и подписана ответственным лицом, на территории которого производится предремонтная подготовка.

7.2.3. Необходимо обеспечить полное опорожнение аппаратов, резервуаров и трубопроводов от нефтепродукта. В этом руководитель предремонтных работ должен убедиться лично.

7.2.4. После освобождения аппаратов и трубопроводов от нефтепродукта должна быть отключена подача электроэнергии к

ремонтируемому объекту посредством удаления плавких предохранителей или отсоединения соединительной муфты.

7.3. Отключение оборудования и установка заглушек

7.3.1. Аппараты, резервуары и трубопроводы, подготавливаемые к ремонту, отключаются от действующих коммуникаций, резервуаров и т.п. путем установки заглушки между фланцами или другим безопасным способом, на которые имеется отраслевая документация, утвержденная и согласованная в установленном порядке.

7.3.2. Заглушка должна быть снабжена хвостовиком, ясно видимым при ее размещении между фланцами. Качество материалов устанавливаемых заглушек должно подтверждаться сертификатом.

7.3.3. При проведении работ, связанных с разгерметизацией взрывопожароопасного технологического оборудования, должны использоваться взрывобезопасные вентиляционные агрегаты для местного обдува.

7.3.4. Во время разгерметизации оборудования и установки заглушек должен осуществляться контроль за состоянием воздушной среды вблизи разгерметизируемого оборудования.

Запрещается проводить работы, если концентрация углеводородов в рабочей зоне превышает 50 % от значения нижнего концентрационного предела распространения пламени.

7.4. Дегазация и очистка оборудования от остатков нефтепродукта

7.4.1. Для безопасного проведения операций дегазации и удаления остатков нефтепродуктов необходимо:

- по каждому оборудованию составить схему пропарки (продувки), промывки с указанием мест и способов подачи острого пара (инертного газа), воды, а также путей и мест отвода газовых выбросов и сточных вод;
- установить режим пропарки и продувки каждого аппарата (продолжительность, давление, температуру и т.п.);
- ознакомить ответственных лиц и проинструктировать непосредственных исполнителей о порядке пропарки и промывки;
- заранее подготовить необходимые вспомогательные материалы и оборудование.

7.4.2. Для приведения резервуара (технологического оборудования) в безопасное состояние при проведении огневых ремонтных работ его дегазацию необходимо обеспечивать до содержания паров

нефтепродуктов:

- не более 0,1 г/м³ при выполнении любых видов работ, связанных с пребыванием работников в резервуаре без защитных средств;
- не более 2,0 г/м³ при выполнении любых видов работ с доступом работников в защитных средствах дыхания внутрь резервуара.

7.4.3. Для промывки и продувки технологических аппаратов со взрывопожароопасными продуктами должны быть предусмотрены штуцеры для подвода воды, пара или инертного газа.

7.4.4. Инертный газ или пар должен подводиться к технологическим трубопроводам по съемным участкам трубопроводов или гибким шлангам, запорная арматура должна быть установлена с обеих сторон съемного участка. После окончания продувки эти участки трубопроводов необходимо демонтировать, а на запорной арматуре установить заглушки с хвостовиками.

Применять углекислый газ для продувки запрещается.

7.4.5. Во время пропарки технологического оборудования температура подаваемого водяного пара не должна превышать значения, равного 80 % от температуры самовоспламенения нефтепродукта.

7.4.6. Естественная вентиляция резервуара при концентрации паров в газовом объеме более 20 г/м³, должна проводиться только через верхние световые люки с установкой на них дефлекторов.

7.4.7. Вскрытие люков-лазов первого пояса для естественной вентиляции (аэрации) допускается при концентрации паров нефтепродукта не более 20 г/м³.

Запрещается проводить вскрытие люков и дегазацию резервуара (принудительную и естественную) при скорости ветра менее 1 м/с.

7.4.8. Пробы паровоздушной среды на анализ следует отбирать из нижней части резервуара на расстоянии 2 м от стенки резервуара и на высоте 0,1 м от днища.

В резервуарах с понтоном пробы воздуха на анализ следует отбирать из под- и надпонтонного пространства, а также из каждого короба понтона.

7.4.9. При достижении концентрации паров, приведенных в п. [7.4.2](#), делается не менее 2-х замеров, и если между двумя последними замерами расхождения не превышают погрешность измерения прибора, то подача воздуха в резервуар прекращается. Резервуар остается под наблюдением в течение двух часов. Если по истечении двух часов замеренная концентрация паров нефтепродукта в резервуаре не превышает указанных значений, то процесс дегазации можно считать законченным.

7.4.10. Очистка оборудования от остатков нефтепродукта должна производиться до толщины отложения, не превышающего 0,2 мм.

7.4.11. Приведение технологического оборудования во

взрывопожаробезопасное состояние может осуществляться и посредством других технологий, на которые имеется отраслевая документация, утвержденная и согласованная в установленном порядке.

7.5. Подготовка рабочей зоны к проведению огневых работ на взрывопожароопасном объекте

7.5.1. Зона проведения огневых работ должна быть очищена от горючих веществ и материалов в радиусе, указанном в таблице.

Таблица

Высота точки сварки над уровнем пола или прилегающей территории, м	0	2	3	4	6	8	10	Свыше 10
Радиус зоны, м	5	8	9	10	11	12	13	14

7.5.2. Сгораемые настилы полов, конструкции из горючих материалов, находящиеся в пределах указанных радиусов (см. таблицу), должны быть защищены от попадания на них искр экранами, асбестовым полотном, металлическими листами, пенами или другими негорючими материалами, а при необходимости политы водой.

7.5.3. Огневые работы на территории взрывопожароопасной технологической установки или сооружения разрешается проводить при условии, что будут выполнены следующие мероприятия:

- до начала работ прекращены сливноналивные операции и с территории железнодорожных эстакад удалены железнодорожные цистерны, а с территории автоэстакад - автоцистерны;
- площадки сливноналивных эстакад, железнодорожные пути, площадки для налива в автоцистерны, наливные стоянки, а также поверхности трубопроводов, сливные желоба и сточные лотки промышленно-ливневой канализации полностью очищены от замазученности и случайно разлитых нефтепродуктов в радиусе 20 м от места проведения огневых работ;
- камеры задвижек, смотровые колодцы, гидравлические затворы промышленно-ливневой канализации и «нулевые» емкости, расположенные на расстоянии до 20 м от места проведения огневых работ, проверены, плотно закрыты крышками и сверху засыпаны песком (землей) слоем не менее 10 см;
- переносные лотки и резиновые шланги, пропитанные нефтепродуктами, убраны с участка, где проводятся огневые работы, на расстояние не менее 20 м.

7.5.4. До начала проведения огневых работ в резервуарном парке

необходимо:

- на рядом расположенных резервуарах и трубопроводах прикрыть войлоком или другим подобным материалом задвижки, водоспускные краны, а также колодцы канализации и узлы задвижек (во избежание загорания паров нефтепродуктов). В жаркое время года войлок надо смачивать водой;
- оградить переносными асбестовыми или другими несгораемыми щитами размером 1 × 2 м места электросварки или горячей клепки (для предупреждения разлета искр и появления окалины).

7.5.5. До начала огневых работ во взрывопожароопасных производственных и складских помещениях необходимо:

- приостановить операции по перекачке нефтепродуктов и снизить рабочее давление в оборудовании до минимального значения;
- очистить от остатков нефтепродукта и тщательно промыть водой сточные лотки, канавы, трубопроводы и приемные колодцы вплоть до мест соединения с гидравлическими затворами;
- загерметизировать места возможного выделения паров, т.е. закрыть вентиляционные, монтажные проемы и незаделанные отверстия в перекрытиях и стенах помещения и т.п.;
- если концентрация углеводородов превышает значение 0,1 г/м³, то должны быть приняты меры по обнаружению и локализации источника поступления углеводородов. Проверить помещение и взять пробы воздуха на анализ.

7.6. Проведение огневых работ

7.6.1. Ответственный за проведение огневых работ обязан:

- организовать выполнение мероприятий по безопасному проведению огневых работ, предусмотренных в наряде-допуске;
- провести инструктаж исполнителей огневых работ;
- проверить наличие удостоверений у исполнителей огневых работ (сварщики, резчики), исправность и комплектность инструмента и средств для проведения огневых работ;
- обеспечить место проведения огневых работ первичными средствами пожаротушения, а исполнителей - средствами индивидуальной защиты (противогазы, спасательные пояса, веревки и др.);
- непосредственно руководить работами и контролировать работу исполнителей;
- следить за состоянием воздушной среды на месте

проведения огневых работ и в случае необходимости прекратить огневые работы;

- обеспечить контроль за местами проведения временных огневых работ в течение 3-х часов после их окончания.

7.6.2. Начальник (инструктор пожарной профилактики) пожарной охраны объекта или лицо, его заменяющее, по получении извещения о намечаемых огневых работах осматривает место проведения этих работ и все соседние помещения. Кроме того, он обязан провести инструктаж рабочих, которые будут выполнять огневые работы. Ответственный за проведение огневых работ, а также сварщики и другие рабочие, принимающие участие в этих работах, расписываются в журнале учета о проведении соответствующего инструктажа. При необходимости на месте проведения огневых работ должен быть выставлен пожарный пост из числа работников пожарной охраны объекта или из членов добровольной пожарной дружины.

7.6.3. Исполнители огневых работ обязаны:

- иметь при себе квалификационное удостоверение и талон по технике безопасности;
- получить инструктаж по безопасному проведению огневых работ и расписаться в журнале;
- ознакомиться с объемом работ на месте предстоящего проведения огневых работ;
- приступить к огневым работам только по указанию лица, ответственного за проведение работ;
- выполнять только ту работу, которая указана в наряде-допуске;
- соблюдать меры безопасности, предусмотренные в наряде-допуске;
- уметь пользоваться средствами пожаротушения;
- в случае возникновения пожара немедленно принять меры к вызову пожарной охраны и приступить к ликвидации загорания;
- после окончания огневых работ тщательно осмотреть место проведения работ и устранить выявленные нарушения, которые могут привести к возникновению пожара.

7.6.4. Эксплуатация электро-, газосварочного оборудования и оборудования с применением жидкого горючего в местах проведения огневых работ должна проводиться в соответствии с требованиями инструкций по их эксплуатации.

7.6.5. При производстве электросварочных работ во взрывоопасных и пожароопасных зонах наружных установок кроме требований действующих нормативных документов необходимо соблюдать

следующие правила:

- сварочный генератор, трансформатор, включающая аппаратура (автомат, рубильник) не должны располагаться в местах возможного скопления горючих газов и паров или разлива горючей жидкости, а также на участках земли, пропитанной нефтью и нефтепродуктом; в соединениях сварочного провода должны быть предусмотрены изолированные наконечники и резьбовые крепления;
- перемещение сварочных проводов, находящихся под напряжением, запрещается;
- запрещается прокладка сварочных проводов по металлическим предметам без их надежной изоляции.

7.6.6. Огневые работы на территории или внутри помещений, аппаратов, емкостей, в колодцах, котлованах разрешается начинать при концентрации горючих веществ в воздушной среде, не выше указанных в [7.4.2](#).

7.6.7. Во время проведения огневых работ должен осуществляться непрерывный контроль за состоянием загазованности воздушной среды углеводородами в аппаратах, трубопроводах, резервуарах и технологическом оборудовании, на которых проводятся указанные работы, и в опасной зоне производственного помещения (территории). В случае повышения содержания горючих веществ в опасной зоне или технологическом оборудовании до значений предельно допустимых, указанных в [7.4.2](#), огневые работы должны быть немедленно прекращены.

7.6.8. Во взрывопожароопасном помещении ведение огневых работ разрешается только при непрерывном вентилировании. Все двери, соединяющие указанные помещения с другими помещениями, должны быть плотно закрыты.

7.6.9. Запрещается проводить огневые работы на территории резервуарного парка при скорости ветра менее 2 м/с, если происходит заполнение резервуаров светлыми нефтепродуктами.

7.6.10. Огневые работы на взрывопожароопасных технологических объектах и в производственных помещениях должны проводиться только в дневное время, за исключением аварийных ситуаций.

7.6.11. Руководители объекта или работники пожарной охраны должны немедленно приостановить выполнение огневых работ в случае:

- отступления от требований правил проведения огневых работ;
- несоблюдения мер безопасности, предусмотренных нарядом-допуском на проведение огневых работ во взрывопожароопасных и пожароопасных объектах;
- повышения содержания горючих веществ в ремонтируемых

аппаратах, трубопроводах, резервуарах и технологическом оборудовании или опасной зоне выше значений, указанных в [7.4.2](#);

- проведения работ, неопределенных нарядом-допуском.

Возобновление этих работ разрешается после устранения отмеченных нарушений и оформления нового наряда-допуска с проведением повторного инструктажа исполнителей работ о мерах пожарной безопасности.

НАРЯД-ДОПУСК
на выполнение работ повышенной опасности

1. Выдан (кому) _____
должность руководителя работ (ответственного

за выполнение работ), Ф. И. О., дата

2. На выполнение работ _____
указывается характер и содержание работы,

опасные и вредные производственные факторы

3. Место проведения работ _____
отделение, участок, установка,

аппарат, помещение

4. Состав бригады исполнителей (в том числе дублеры, наблюдающие)

(При большом числе членов бригады ее состав и требуемые сведения приводятся в прилагаемом списке с отметкой об этом в настоящем пункте.)

№ п/п	Ф. И. О.	Выполняемая функция	Классификация (разряд, группа по электробезопасности)	С условиями работы ознакомлен, инструктаж получил	
				Подпись	Дата
1	Производитель работ (ответственный, старший исполнитель, бригадир)				
2					
3					
4					

5. Планируемое время проведения работ

Начало _____ время _____ дата

Окончание _____ время _____ дата

6. Меры по обеспечению безопасности _____
указываются

организационные и технические меры безопасности,

осуществляемые при подготовке объекта к проведению работ

повышенной опасности, при их проведении,

средства коллективной и индивидуальной защиты, режим работы

7. Требуемые приложения _____
наименование схем, эскизов,

анализов, ППР и т.п.

8. Особые условия _____
в том числе присутствие лиц, осуществляющих

надзор за проведением работ

9. Наряд выдан _____
должность. Ф. И. О., подпись выдавшего наряд, дата

10. Согласовано:

Представитель пожарной
охраны

подпись

фамилия

« » _____ 200_ г.

11. Объект к проведению работ подготовлен:

Ответственный за подготовку
объекта

должность, Ф. И. О., подпись

дата, время

Руководитель работ

должность, Ф. И. О., подпись

дата, время

12. К выполнению работ
допускаю:

должность, Ф. И. О., подпись

13. Отметка о ежедневном допуске к работе, окончании этапа работы

	Меры безопасности по п. 6 выполнены				
	Начало работы			Окончание	
Дата	Время (ч, мин)	Подпись допускающего к работе	Подпись руководителя	Время (ч, мин)	Подпись допускающего к работе

14. Наряд-допуск продлен до _____

дата, время, подпись

выдавшего наряд, Ф. И. О., должность

15. Продление наряда-допуска согласовано:

Представитель пожарной охраны

подпись

фамилия

« » _____ 200_ г.

16. К выполнению работ на период продления допускаю

должность допускающего, Ф. И. О., подпись, дата, время

17. Изменение состава бригады исполнителей

Введен в состав бригады				Выведен из состава бригады			
Ф. И. О.	С условиями работы ознакомлен, проинструктирован (подпись)	Квалификация, разряд, группа	Дата, время	Ф. И. О.	Дата, время	Выполняемая функция	Руководитель работ (подпись)

18. Работа выполнена в полном объеме, рабочие места приведены в порядок, инструмент и материалы убраны, люди выведены, наряд-допуск закрыт _____

руководитель работ, подпись, дата, время

начальник смены (старший по смене)

по месту проведения работ, Ф. И. О., подпись, дата, время

Содержание	Стр.
Введение	4
Работа № 1. Пожарно-техническая характеристика объекта анализа пожарной опасности	7
Работа № 2. Расчет уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»	11
Работа № 3. Расчет ожидаемой частоты возникновения пожаров при нормальном функционировании технологической системы «РВС – ЛВЖ»	23
Работа № 4. Экспериментальное исследование взрывоопасности паровоздушной смеси при вентилировании технологического аппарата с остатком ЛВЖ	35
Работа № 5. Расчет параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим РВС	42
Работа №.6. Экспериментальное исследование пожарной опасности повышения давления в аппарате, полностью заполненной жидкостью	62
Работа №. 7. Экспериментальное исследование геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ	67
Работа №. 8. Расчет геометрических параметров пожарной опасности разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС	74
Работа №. 9. Экспериментальное исследование теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ с поверхности разлива	82
Работа №. 10. Расчет теплофизических параметров пожарной опасности при испарении ЛВЖ с поверхности разлива	87
Работа №. 11. Расчет зоны взрывоопасных концентраций паров при разливе ЛВЖ	92
Работа № 12.. Расчет опасных факторов пожара при сгорании паровоздушных смесей на открытой технологической площадке.....	100
Работа №. 13. Расчет тепловых нагрузок при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ	109

Работа № 14. Разработка пожарно-технической карты	119
Приложение А. Исходные данные для выполнения расчетно-графических работ	126
Приложение Б. Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории»	132
Приложение В. Требования пожарной безопасности при подготовке технологического оборудования к проведению огневых ремонтных работ. Извлечения из «Правил пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения (ВППБ 01-01-94)»	143