

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

Направление подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность»

Профиль «Пожарная безопасность»

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Применение жидкого азота в качестве огнетушащих  
веществ нефтесодержащих резервуарных емкостей на примере  
установки подготовки нефти «Лянторская» ОА «Управление по  
повышению нефтеотдачи пластов и капитальный ремонт  
скважин»

Студент(ка)	<u>С.С. Черненко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>О.Ю. Щербакова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>О.Ю. Щербакова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н. Горина  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой «УПиЭБ»  
\_\_\_\_\_ Л.Н.  
Горина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201  
бг.

### **ЗАДАНИЕ на выполнение бакалаврской работы**

Студент Сергей Сергеевич Черненко

1. Тема: Применение жидкого азота в качестве огнетушащего веществ нефтесодержащих резервуарных емкостей на примере установки подготовки нефти «Лянторская» ОА «управление по повышению нефтеотдачи пластов и капитальный ремонт скважин»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы:  
01 декабря 2015 года

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

Конституция РФ;

ФЗ №7 «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 05.февраля 2007 года) ФЗ № 116 « О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

( с изменениями на 18 декабря 2006 года)

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

1. Характеристика объекта

2. Технологический раздел

3. Тушение нефтепродуктов в резервуарах применением жидкого азота

4. Охрана труда

5. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

6. Защита в чрезвычайных ситуациях

7. Экономический раздел

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1 лист схема расположения объекта УПН «Лянторская»

2 лист статические данные пожаров нефтепродуктов

- 3 лист схема вероятных сценариев развития пожара в резервуарном парке
- 4 лист механизмы огнетушащего действия жидкого азота
- 5 лист сравнительный анализ эффективности применения жидкого азота по отношению к традиционным огнетушащим веществам
- 6 лист схема экспериментальной установки и результаты экспериментальных исследований
- 7 лист устройство стального резервуара, классификация резервуаров и резервуарных парков
- 8 лист схема расположения сил и средств для тушения пожара

6. Консультанты по разделам

- Охрана труда-

Щербакова О.Ю.

- Охрана окружающей среды-

Щербакова О.Ю

- Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях-

Щербакова О.Ю

- Экономическая эффективность-

Щербакова О.Ю

- Нормоконтроль-

Щербакова О.Ю

7. Дата выдачи задания 01 октября 2015 года

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_

(подпись)

О.Ю. Щербакова

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

(подпись)

С.С. Черненко

(И.О. Фамилия)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Тольяттинский государственный университет»  
 Институт машиностроения  
 Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

УТВЕРЖДАЮ  
 Зав. кафедрой «УПиЭБ»  
 \_\_\_\_\_ Л.Н.  
 Горина  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
 выполнения бакалаврской работы**

Студента Сергей Сергеевич Черненко  
 по теме: Применение жидкого азота в качестве огнетушащего веществ нефтесодержащих резервуарных емкостей на примере установки подготовки нефти «Лянторская» ОА «управление по повышению нефтеотдачи пластов и капитальный ремонт скважин»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Характеристика объекта	01.11.15	01.11.15		
Технологический раздел	03.11.15	03.11.15		
Тушение нефтепродуктов в резервуарах применением жидкого азота	18.11.15	18.11.15		
Охрана труда	06.12.15	06.12.15		
Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	14.12.15	14.12.15		
Защита в чрезвычайных ситуациях	14.01.16	14.01.16		
Экономический раздел	22.01.16	22.01.16		

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

(подпись)	О.Ю. Щербакова
(подпись)	(И.О. Фамилия)
(подпись)	С.С. Черненко
(подпись)	(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Целью данной бакалаврской работы является исследование возможности применения жидкого азота как огнетушащего вещества при тушении нефтепродуктов в резервуарах. Тема применения криоинертных для тушения пожаров объемным способом не является инновацией, так как исследования в этой области ведутся уже довольно продолжительное время [19, 35]. С разработкой новых средств доставки огнетушащих веществ в очаг пожара, вопрос применения жидкого в качестве средства поверхностного тушения приобретает все большую актуальность. Экологическая безопасность и дешевизна газообразного азота подтверждены многочисленными исследованиями в этой области [18, 36], что позволило применять его в системах автоматического пожаротушения. Однако из-за некоторых особенностей газообразного азота, применение его ограничивалось замкнутыми пространствами. При использовании азота в сжиженном виде решается проблема его компактного хранения, оперативной доставки к месту пожара, а также расширяется область применения его в качестве средства поверхностного тушения.

## Содержание

Содержание.....	6
Введение.....	8
1.Характеристика объекта.....	10
1.1. Производимая продукция или виды услуг.....	10
1.2. Оборудование.....	1
2	
2. Технологический раздел.....	14
2.1. Описание технологической схемы, технологического процесса Система противопожарной защиты зданий и сооружений.....	14
2.2. Индивидуальная защита человека при работе с жидким азотом и опасные факторы.....	18
2.3. Система противопожарной защиты зданий и сооружений.....	19
3 Тушение нефтепродуктов в резервуарах применением жидкого азота.....	21
3.1.Описание экспериментальной установки и методики экспериментальных исследований .....	21
3.2 . Результаты экспериментального исследования.....	24
3.3 . Механизмы огнетушащего действия жидкого азота при тушении нефтепродуктов.....	28
3.4 . Сравнительный анализ эффективности применения жидкого азота по отношению к традиционным огнетушащим веществам.....	47
3.4.1. Основной принцип тушении пожара жидким азотом.....	47
3.4.2. Расчет сил и средств для тушения пожара на резервуаре, применения жидкого азота по отношению к воздушно-механической пене.....	47
4.Охрана труда.....	56
4.1.Требования правил охраны труда и техники безопасности.....	56
5. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	59
5.1 Экологические аспекты деятельности объектов нефтегазопромыслов...	59

6. Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	67
6.1. Анализ возможных аварийных ситуаций или отказов на данном объекте.....	67
6.2. Разработка планов локализации и ликвидации аварий (ПЛА) на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объекта.....	71
6.3. Рассредоточение и эвакуация из зон ЧС.....	72
6.4. Использование средств индивидуальной защиты в случае угрозы или возникновения аварийной или чрезвычайной ситуации.....	78
7. Экономическая эффективность .....	78
7.1 Расчет экономической эффективности, технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.....	78
Заключение.....	86
Список использованной литературы.....	87
Приложения.....	92

## Введение

Резервуары и резервуарные парки, технологические насосные, железнодорожные и автомобильные эстакады, автозаправочные станции, нефтепродуктопроводы и другие технологические сооружения транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов входят в состав предприятий системы снабжения потребителей нефтепродуктами (нефтебаз) всех министерств и ведомств.

Количество пожаров в резервуарных парках складов (баз) горючего составляет до 15% от общего количества пожаров на нефтехимических предприятиях [33]. Однако если пожар возникнет, то его локализация и ликвидация требуют сосредоточения огромного количества сил и средств. Пожары, как правило, носят затяжной характер, что требует дополнительных материальных затрат. Кроме того, пожары резервуаров с нефтепродуктами представляют повышенную опасность для людей, участвующих в их ликвидации (опасность вскипания и выброса нефтепродукта, мощное тепловое излучение, опасность разрушения резервуара, опасность резкого расширения площади пожара и др.).

Уже продолжительное время на складах (базах) горючего функционируют подразделения Службы противопожарной защиты и спасательных работ, но имеющаяся у них на вооружении специальная техника морально устарела и зачастую не отвечает современным способам и приемам тушения пожаров в резервуарных парках. В связи с этим, особенно остро встает вопрос о разработке новых огнетушащих веществ и способов доставки их на горящую поверхность жидкости в резервуаре.

В последние годы наметились перспективы повышения надежности противопожарной защиты резервуаров, эстакад, технологического оборудования. Экспериментальные исследования показывают достаточно высокую огнетушащую эффективность вновь разрабатываемых средств противопожарной защиты, однако не всегда эти средства являются



экономичными, экологически безопасными и отвечающими общим требованиям, предъявляемым к огнетушащим веществам.

## 1. Характеристика объекта

Лянторская установка подготовки нефти введена в эксплуатацию в 1988 году.

В 2005 году проведена реконструкция установки в установку предварительного сброса воды.

Лянторская установка подготовки нефти предназначена для сепарации и обезвоживания углекислого и девонского потоков нефтяной эмульсии химико – гравитационным способом. Технологический процесс осуществляется в следующей последовательности (для каждого потока):

- ввод в поток сырья реагента – деэмульгатора;
- сепарация и обезвоживание нефти на первой ступени при обеспечении нагрева;
- сепарация и глубокое обезвоживание нефти на второй ступени при обеспечении нагрева;
- подготовка и закачка пластовой воды в поглощающие и нагнетающие скважины;
- подготовка нефтяного газа;
- дополнительный отстой обезвоженной нефти;
- хранение, вывоз кондиционной нефти автобойлерами на НПЗ.

Расположение.

УПН « Лянторская» административно входит в состав ЦДНГ № 4 ОАО «СНГ», расположена в 1км к востоку от г. Лянтор Хантомансийского округа Сургутского р-на в промышленной зоне, въезд с севера вдоль ул. Самарская, с юга в 500м устье реки Пим, занимает 3,2 га.

### 1.1 Производимая продукция или виды услуг

Фактическая производительность установки

По пластовой воде	- 1000 – 1500 т/сутки
По обезвоженной нефти	- 150 – 170 т/сутки
По газу	- 4900 – 5000 куб.м/сутки

По сточной ( пластовой воде )

- 850 – 1330 т/сутки

Готовой продукцией является обезвоженная нефть с содержанием воды до 5 %

Таблица 1.1.

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	УПН-3000М
Производительность по нефтяной эмульсии, кг/с (т/сут.) в пределах	11,57-34,7 (1000-3000)
Тепловая мощность топок, МВт, не более	3,75
Давление нефтяной эмульсии, МПа, не более	0,6
Содержание воды в нефтяной эмульсии, % масс., не более	20
Вязкость нефти при 20 °С, м <sup>2</sup> /с (сСт), не более	50x10 <sup>-6</sup> (50)
Температура нагрева нефтяной эмульсии, °С, не более	80
Массовая доля воды на выходе из установки, %, не более	0,5
Концентрация хлористых солей на выходе установки, мг/дм <sup>3</sup> , не более	100
Топливо	Природный или попутный осушенный газ с содержанием сероводорода, не более, 0,002% масс
Давление топливного газа на входе в установку, МПа, в пределах	0,3-0,6
Расход газа (при теплоте сгорания газа 33500Дж/нм <sup>3</sup> ) нм <sup>3</sup> /ч, не более	510

## 1.2 Оборудование

В состав установки входят:

- площадки отстойников О – 1 – О – 10;
- площадки водонасосной;
- площадка РВС;
- реагентные насосные;
- узел учета жидкости;
- помещение операторной;
- нефтеналивная эстакада.

Таблица 1.2 «Характеристика зданий и технологического оборудования».

Наименование оборудования, здания (тип, назначение)	Техническая характеристика
1	2
операторная	Здание одноэтажное, кирпичное. Перекрытие железобетонное, кровля рубероидная. Площадь 36 м <sup>2</sup> , 2 степени огнестойкости
Резервуар вертикальный стальной РВС № 9	Вертикальный цилиндрический резервуар со стационарной или сферической крышей. Высота - 11,45 м Диаметр - 22,6 м Площадь зеркала – 401 м <sup>2</sup> Периметр - 73 м Объем - 3375,04 м <sup>3</sup>
Нефтеотстойник (О – 1)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 176 м <sup>3</sup> P расч. = 0,4 атм.

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Нефтеотстойник (0 – 2 ) ; (0 – 3) (0 – 4)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 176 м3 P расч. = 0,4 атм.
Газо – конденсатосборник (0 – 5 ) ; (0 – 6)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 30 м3 P расч. = 0,5 атм
Нефтеотстойник (0 – 7)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 50 м3 P расч. = 0,4 атм.
Нефтеотстойник (0 – 8)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 100 куб.м P расч. = 0,4 кгс/кв.см
Нефтеотстойник (0 – 9)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 173 м3 P расч. = 0,4 атм.
Нефтеотстойник (0 – 10)	Горизонтальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем. V = 176 м3 P расч. = 0,4 атм.

## 2. Технологический раздел

### 2.1 Описание технологической схемы, технологического процесса.

Особенности технологического процесса.

Собираемая со скважин, указанных выше месторождений, газожидкостная смесь поступает на Лянторскую установку двумя отдельными потоками (угленосной и девонской). Каждый из указанных потоков направляется на блок обезвоживания нефти, обеспечивающий двухступенчатую подготовку нефти по ее сепарации и отделению воды.

Угленосный поток в количестве до 350 т/сут при обводненности эмульсии 78-80% через задвижки № 90,92,6,8 заводится в отстойник 0 – 1 первой ступени.

В качестве отстойника принята горизонтальная емкость  $V = 176$  м<sup>3</sup>, оборудованная теплообменным змеевиком, обеспечивающим нагрев обрабатываемой нефтяной эмульсии при использовании пара с центральной котельной.

Перед вводом нефтяной эмульсии в отстойник 0 – 1 в поток поршневым насосом реагентного блока БР – 2 производится подача реагента – деэмульгатора с расходом 120 – 140 г/т. Реагентный блок работает в автоматическом режиме.

Регулирование температуры процесса в отстойнике 0 – 1 производится регулированием расхода пара задвижкой № 148.

В процессе выделения воды ее сброс из аппарата производится автоматически при помощи регулятора уровня раздела фаз «нефть – вода» «Элита» и исполнительного механизма (эл. задвижки) № 55, контроль за работой которой осуществляется по световым табло : «открыто», «закрыто», «авария».

При необходимости регулирование уровня раздела фаз «нефть – вода» в данном аппарате производится сбросом воды через задвижку № 70.

Частично обезвоженная водяная эмульсия (до 10 %) из отстойника 0 – 1 перепускается в отстойник второй степени 0 – 2.

Рабочий уровень (взлив) нефти в отстойнике 0 – 1 контролируется сигнализатором уровня РУПШ – 16 с использованием световой сигнализации, выведенной на щитовую сборку в операторной, фиксирующей «нижний» - «верхний» уровни.

Регулирование перепуска нефтяной эмульсии из отстойника 0 – 1 в 0 – 2 производится задвижкой № 188.

В качестве отстойника второй степени 0 – 2 выбрана горизонтальная емкость 176 м<sup>3</sup>, оборудованная теплообменным змеевиком.

Данный аппарат предназначен для глубокого обезвоживания и сепарации частично обезвоженной в 0 – 1 нефтяной эмульсии.

Регулирование температуры в 0 – 2 производится аналогично первому отстойнику.

Контроль за температурой в аппарате также производится по месту. Ввиду малого выделения пластовой воды в отстойнике 0 – 2 сброс ее производится периодически через задвижку № 74.

Давление в аппарате контролируется по месту и регулируется сбросом газа вручную задвижкой № 56.

Рабочий уровень нефти в отстойнике 0 – 2 контролируется сигнализатором уровня РУПШ – 16, как и на первой ступени. Вывод нефти из 0 – 2 в нефтесборную емкость 0 – 9 (0 – 10) производится задвижкой № 75.

Пластовая вода, выделенная в отстойниках 0 – 1 и 0 – 2 через задвижки № 70; 74; 32 поступает для подготовки в отстойник 0 – 8.

В качестве отстойника пластовой воды угленосного потока 0 – 8 принята горизонтальная емкость объемом 100 м<sup>3</sup>.

Вывод подготовленной воды из 0 – 8 производится автоматически при помощи автомата откачки АО – 6 с использованием звуковой сигнализации при достижении аварийных параметров:

- аварийный верхний уровень;
- аварийный нижний уровень;

сброс газа из 0 – 8 производится на свечу при постоянно открытой задвижке № 182.

Подготовленная в 0 – 8 пластовая вода угленосного потока через задвижки № 30, 39 (40) поступает на прием насоса Н – 1 (2) кустовой насосной станции КНС с последующей закачкой ее в поглощающие скважины № 3,7,10,11 или в нагнетательные скважины № 5 и № 56.

Расход закачиваемой воды угленосного потока контролируется расходомерами типа «Турбоквант».

Девонский поток Лянторского месторождения в количестве в количестве 1000т/сут и обводненностью 93 – 94 % через задвижку № 5 в отстойник первой ступени 0 – 3. После частичного обезвоживания в данном аппарате нефтяная эмульсия перепускается через задвижку № 187 в отстойник глубокого обезвоживания 0 – 4 , а выделявшаяся вода через задвижки № 111,29,33 направляется для подготовки в отстойник 0 – 7. Технологические параметры работы отстойников 0 – 3и 0 – 4 при нормальных условиях их эксплуатации аналогичны технологическим параметрам процесса обезвоживания угленосного потока в аппаратах соответственно 0 – 1 и 0 – 2, включая систему регулирования процессом.

При этом в качестве отстойников 0 – 3 и 0 – 4 приняты горизонтальные емкости объемом 176 м<sup>3</sup> , оборудованными паровыми змеевиками. Сброс выделенной воды из отстойника 0 – 3 производится автоматически при помощи сигнализатора уровня раздела фаз нефть – вода типа «СУРС» и исполнительного механизма (электрозадвижки) № 111.

Перепуск частично обезвоженной нефти в отстойник второй ступени 0 – 4 производится через задвижку № 187.

После глубокого обезвоживания нефтяной эмульсии в отстойнике 0 – 4 выделенная вода периодически сбрасывается через задвижку № 29 в отстойник 0 – 7 , а обезвоженная нефть через задвижки № 16; 20; 185 (185а,



113), перепускается в нефтесборную емкость 0–9 (0 – 10). В качестве отстойника 0 – 7 принята горизонтальная емкость объемом 50куб.м. После подготовки в 0 – 7 пластовая вода девонского потока через задвижки № 31; 44 (38) поступает на прием центробежного насоса Н – 3(4) кустовой насосной станции (КНС) с последующей закачкой ее в поглощающую скважину № 141 или в нагнетательные скважины № 20 и № 22. Система регулирования процессом в данном аппарате и его технологические параметры аналогичны процессу водоподготовки угленосного потока.

Контроль расхода воды девонского потока производится расходомерами типа «Турбоквант». Давление в 0 – 4 регулируется сбросом газа через задвижки № 58,59 в 0–5.

Как уже ранее указано, перепуск подготовленной нефти угленосного и девонского потоков соответственно из отстойников 0 – 2 и 0 – 4 производится в нефтесборную емкость 0 – 9 (0 – 10) . В качестве нефтесборной емкости 0 – 9 принята горизонтальная емкость объемом 173 м3, оборудованная паровым змеевиком, сигнализатором уровня «РУПШ-16» с обеспечением световой сигнализации при достижении аварийных параметров «верхний уровень», «нижний уровень».

Отстойник 0 – 10

Горизонтальная, цилиндрическая емкость объемом 176 м3 предназначена для подготовки:

- девонской подтоварной воды;
- товарной нефти;

Если сосуд служит для подготовки пластовой воды, то рабочее положение запорной арматуры следующее:

- открыто № 113; 112; 201; 202;
- закрыто № 185а; 112а.

Если сосуд служит для подготовки и хранения нефти, то рабочее положение запорной арматуры следующее:

- открыто № 185а; 113; 112а; 112;

- закрыто № 201; 202

Из нефтесборной емкости 0 – 9 или 0 – 10 кондиционная нефть под собственным давлением перепускается в резервуар № 9. Резервуар оборудован уровнемером типа «РАДАР».

На время вывода РВС № 9 из технологии в ремонт или на диагностику, нефтесборные емкости 0 – 9 и 0 – 10 служат для хранения нефти.

Отгрузка на нефтеналивную эстакаду происходит из емкостей 0 – 9, 0 – 10 или из РВС № 9. Сброс газа из нефтесборной емкости 0 – 9 (0 – 10) производится через задвижки № 63(64), 172 на факел. Газ выделенный в отстойниках 0 – 1, 0 – 2, 0 – 3, 0 – 4 сбрасывается на блок подготовки газа в газо – конденсатосборники последовательно 0 – 5, 0 – 6. В качестве газо – конденсатосборников приняты горизонтальные емкости объемом 30 м<sup>3</sup>, оборудованные сигнализаторами уровня «РУПШ – 16», обеспечивающими световой сигнал по нижнему и верхнему уровню жидкости.

Газ подготовленный последовательно в 0 – 5 и 0 – 6 через задвижку № 172 поступает на факел.

Все аппараты блоков обезвоживания нефти, подготовки пластовых вод, сборная емкость оборудованы предохранительными клапанами, обеспечивающими при превышении максимальных давление в них сброс газожидкостной системы в газо – конденсборники 0 – 5, 0 – 6.

Все стоки с аппаратов обезвоживания нефти, подготовки воды, подготовки нефти, КНС направляются в канализационную емкость Е – 1, откуда поршневым насосом Н – 5(6) откачиваются в трубопровод исходного угленосного потока. Откачка стоков из Е – 1 производится периодически по мере накопления.

2.2 Индивидуальная защита человека при работе с жидким азотом и опасные факторы.

Жидкие криогенные продукты имеют температуру 77-90К (196— 183 °С). В связи с этим обращаться с ними следует осторожно. Попав на кожу,

они быстро растекаются на поверхности и вызывают сильное охлаждение, что может привести к обмораживанию. Особенно опасно попадание капель сжиженных газов в глаза, что приводит к серьезным травмам. Кратковременное воздействие капель жидкого криогенного продукта на кожу не вызывает ее повреждения ввиду очень малой теплоемкости сжиженных газов. Однако опасность обмораживания существенно возрастает при попадании капель жидкого криогенного продукта за воротник одежды или внутрь обуви. При работе с жидким криогенным продуктом необходимо защищать глаза лицевым щитком или защитными очками, имеющими боковые щитки. Верхняя одежда должна быть наглухо закрыта, а брюки должны закрывать обувь. Опасно прикосновение руками к предметам и стенкам сосудов, охлажденных криогенными жидкостями. В связи с этим операции по заливанию, переливанию и переносу жидких криогенных продуктов следует производить в асбестовых, кожаных или брезентовых рукавицах, которые следует надевать на руку свободно, чтобы при необходимости их можно было легко сбросить. При попадании жидких криогенных продуктов на незащищенный участок тела его следует немедленно обмыть водой.

Опасные факторы и меры безопасности. Сам по себе атмосферный азот достаточно инертен, чтобы оказывать непосредственное влияние на организм человека и млекопитающих, не оказывает вредного воздействия на окружающую среду, не токсичен, не горюч и не взрывоопасен. Тем не менее, при повышенном давлении он вызывает наркоз, опьянение или удушье (при недостатке кислорода); при быстром снижении давления азот вызывает кессонную болезнь.

### 2.3. Система противопожарной защиты зданий и сооружений.

Противопожарное водоснабжение объекта.

Подача воды для тушения и охлаждения объектов (РВС № 9; буллиты) расположенных на территории осуществляется 2-мя насосами, установленными в помещении насосной станции на расстоянии 1 км от

объекта, которые забирают воду с р.Пим и подают ее в сеть противопожарного водопровода к пожарным гидрантам и к кольцу орошения РВС № 9, производительность насоса 180 м<sup>3</sup>/час или 50 л/с.

Характеристика водоснабжения:

- количество пожарных гидрантов по периметру – 9 штук;
- вид сети – кольцевой;
- гидранты №№ 7;8;9 расположены на тупиковом участке сети, остальные – на кольцевом;
- диаметр водопровода – 100 мм;
- напор – 9 атм. (при необходимости можно повысить до 15 атм.);
- расход – 70 л/с при давлении 9 атм.

Также во время весеннего паводка и летом возможен забор с р. Пим с установкой ПНС – 110, расстояние до резервуара составляет 400 – 500 м.

Перепад высоты с берега р. Пим

до резервуара по горизонтали составляет в пределах 28 – 32 м.

1. ПГ № 1 –на расстоянии 30м от буллита № 10 и 260м от РВС № 9
2. ПГ № 2 –на расстоянии 33м от буллита № 10 и 263м от РВС № 9
3. ПГ № 3 – на расстоянии 203м от РВС № 9
4. ПК № 4 – на расстоянии 133м от РВС № 9
5. ПГ № 5 – на расстоянии 102м от РВС № 9
6. ПГ № 6 – на расстоянии 35м от РВС № 9
7. ПГ № 7 – на расстоянии 35м от РВС № 9
8. ПГ № 8 – на расстоянии 100м от РВС № 9
9. ПГ № 9 – на расстоянии 165м от РВС № 9

РВС № 9 оборудован кольцом орошения, запитанным от противопожарного водопровода и пеногенераторами ГПС-2000 в кол-ве 2 шт. с сухотрубной разводкой и соединительными головками Ø 77мм. Пеногенераторы находятся в нерабочем состоянии (отсутствуют пакеты сеток).

В 500 м от объекта хранится 6000 литров пенообразователя марки UNISEPUNISERALFF 12-01/RUF-45 (6%) R 75F в емкостях по 1000 литров каждая.

Пенообразователь находится около ПГ №9

3. Тушение нефтепродуктов в резервуарах с применением жидкого азота.

### 3.1. Описание экспериментальной установки и методики экспериментальных исследований

Изучение процесса горения является ключевым моментом, открывающим подходы к его предотвращению, ограничению интенсивности его развития и распространения наиболее простыми и эффективными способами. Наибольший практический интерес для специалистов пожарной охраны представляют те параметры и характеристики процессов горения, которые доступны нашему воздействию, управляя которыми можно влиять на вероятность возникновения процесса горения или его параметры, вплоть до его прекращения. Особого внимания с этих позиций заслуживают предельные явления при горении. Прежде всего, это концентрационные пределы воспламенения и распространения пламени, температурные пределы воспламенения горючих жидкостей, критические значения энергии зажигания, предельные скорости распространения процессов горения, предельные значения массовой скорости выгорания, предельные значения температур зоны горения и многие др. Ниже предельных значений этих параметров процессы горения существовать не могут. В одном случае - они просто не возникнут; в другом, если горение существовало - оно прекратится.

На сегодняшний день не существует единого стандартизированного подхода к экспериментальному определению огнетушащей эффективности жидкого азота. Это можно объяснить тем, что на жидкий азот как огнетушащее вещество (ОВ) внимание обратили сравнительно недавно. В настоящее время продолжает оставаться актуальной проблема экспериментального выявления закономерностей процесса тушения различных веществ и материалов жидким азотом.

Более подробно остановимся на рассмотрении вопроса прекращения горения жидкостей в резервуарах. Сущность экспериментальных исследований при этом сводилась к определению зависимости времени тушения горящего нефтепродукта от интенсивности подачи пены средней кратности и жидкого азота, поиску оптимальных способов подачи и расхода огнетушащего вещества.

Работа проводилась на экспериментальной установке, схема которой изображена на рис. 3.1.

В процессе проведения работы изучалась зависимость времени тушения от расхода и интенсивности подачи рабочего раствора пенообразователя и жидкого азота. В модель цилиндрического стального резервуара 1 заливается нефтепродукт, горение которого моделирует пожар. В качестве горючего использовалось дизельное топливо и бензины марок А-76, АИ-92. Высота сухого борта не менее 5 см.

После выхода горения на стационарный режим (время свободного горения  $\square$  2-3 мин) на его тушение подается ВМП или жидкий азот. Подача ОТВ осуществляется по диаметру резервуара. Расход рабочего раствора пенообразователя и жидкого азота замеряется во время выполнения работы и поддерживается постоянным в течение всех опытов. Таким образом, проводится не менее четырех тушений тремя ГПС и стволами компактных струй. Резервуар тушится до момента ликвидации пламенного горения.

Резервуар оборудован сливным краном 9, через который производится слив скопившегося в нижней части рабочего раствора пенообразователя в целях поддержания постоянной высоты сухого борта.

По периметру верхней части резервуара равноудаленно друг от друга располагаются три блока генераторов пены средней кратности 2 и стволов компактных струй 3.

Блоки выполнены подвижными, что позволяет изменять угол наклона генераторов и стволов, а также их угол поворота.

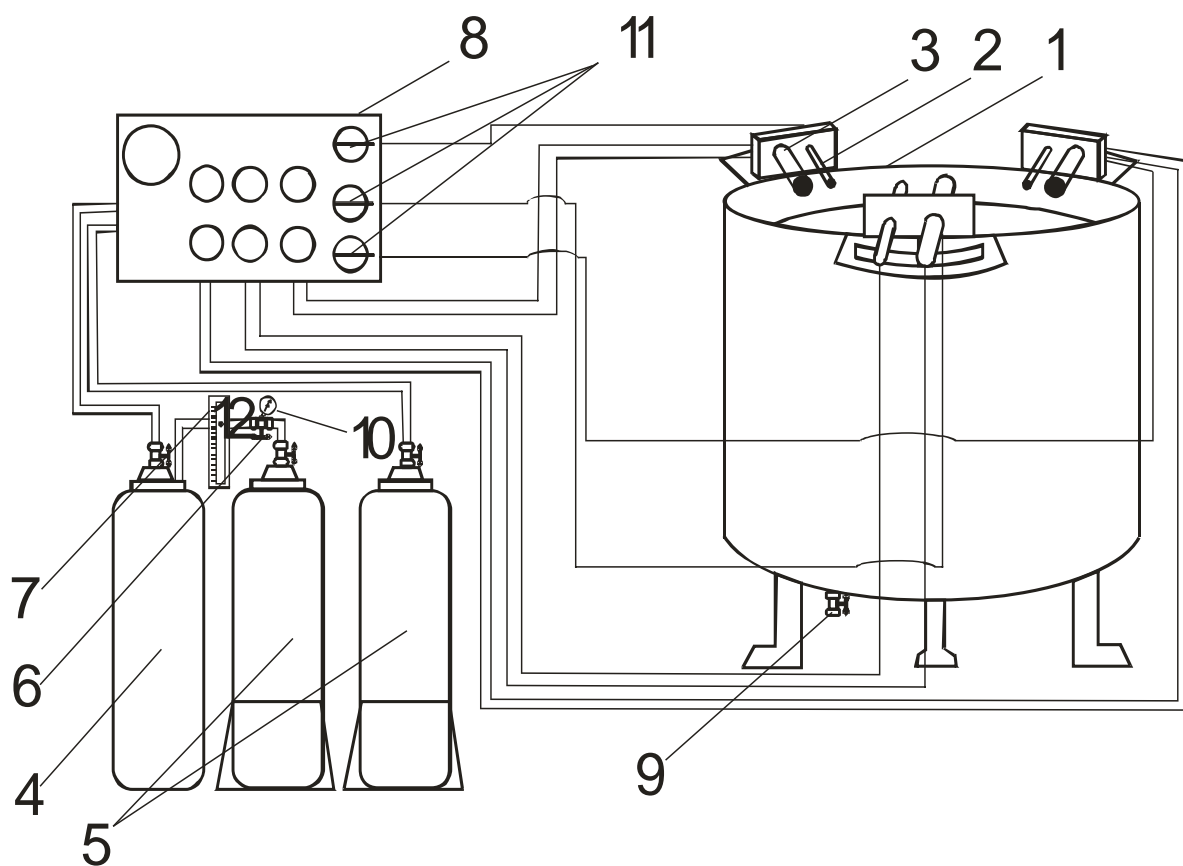


Рис. 3.1. Схема экспериментальной установки

Получение пены средней кратности:

Рабочий раствор пенообразователя из емкости 4 вытесняется в трубопровод для подачи жидкости и через пульт управления 8 с помощью вентилей 11 распределяется по генераторам 3. Вытеснение раствора происходит с помощью сжатого воздуха из баллона 5 через понижающий редуктор 6.

Из второго транспортного баллона 5 через понижающий редуктор 6 по трубопроводу в систему подается воздух. На пульте управления 8 с помощью вентилей 11 воздух распределяется по генераторам 3. Подаваемый воздух вспенивает рабочий раствор на сетках ГПС.

Давление, с которым воздух подается на вытеснение рабочего раствора из баллона 4, а также давление, с которым газ подается в генераторы на вспенивание, регистрируется с помощью манометра 10

Получение компактных струй жидкого азота:

Жидкий азот из сосуда Дьюара 4 вытесняется в трубопровод и распределяется по стволам 2. Вытеснение жидкого азота происходит с помощью сжатого воздуха из баллона 5 через понижающий редуктор 6. Контроль давления и расхода сжатого воздуха осуществляется по манометру 10 и ротаметру 7.

По верхнему поясу резервуара располагается кольцо орошения (на схеме не указано), позволяющее охлаждать наиболее раскаленные участки борта во время проведения экспериментов. Вода на охлаждение подается из водопроводной сети.

Экспериментальная установка располагается под воздухозаборником принудительной вытяжной вентиляции (на схеме не указано).

Необходимо отметить, что такие нефтепродукты, как бензин и дизельное топливо, являются многофракционными составами. При горении таких жидкостей, в первую очередь, происходит выгорание легких, низкокипящих фракций. Таким образом, происходит фракционная «разгонка» жидкости и изменение ее фракционного состава. Со временем горения массовая скорость выгорания такой жидкости уменьшается. Следовательно, снижается и критическая интенсивность подачи огнетушащего вещества на ее тушение. Поэтому, для того, чтобы обеспечить воспроизводимость экспериментов, необходимо через каждые два тушения обновлять нефтепродукт[8].

### 3.2. Результаты экспериментальных исследований

Результаты экспериментальных исследований отражены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 «Значения показателей расхода и интенсивности подачи огнетушащего вещества при тушении нефтепродуктов»



Вид ЛВЖ (ГЖ)	№ эксперимента	Раствор ПО			Жидкий азот		
		Q, л/с	I, л/с м <sup>2</sup>	t <sub>туш</sub> , сек	Q, л/с	I, л/с м <sup>2</sup>	t <sub>туш</sub> , сек
Дизельное топливо	1	0,016	0,082	49	0,06	0,306	40
	2	0,016	0,082	51	0,06	0,306	40
	3	0,016	0,082	50	0,06	0,306	44
	4	0,016	0,082	49	0,06	0,306	42
	5	0,02	0,102	44	0,08	0,408	24
	6	0,02	0,102	45	0,08	0,408	23
	7	0,02	0,102	42	0,08	0,408	25
	8	0,02	0,102	43	0,08	0,408	25
	9	0,06	0,306	25	0,12	0,612	11
	10	0,06	0,306	23	0,12	0,612	13
	11	0,06	0,306	24	0,12	0,612	12
	12	0,06	0,306	26	0,12	0,612	11
	13	0,1	0,51	17	0,14	0,714	11
	14	0,1	0,51	19	0,14	0,714	10
	15	0,1	0,51	14	0,14	0,714	7
	16	0,1	0,51	14	0,14	0,714	8
	17	0,14	0,714	11	0,18	0,918	7
	18	0,14	0,714	9	0,18	0,918	5
	19	0,14	0,714	12	0,18	0,918	5
	20	0,14	0,714	10	0,18	0,918	4
	21	0,18	0,918	10	0,2	1,02	3
	22	0,18	0,918	9	0,2	1,02	4
	23	0,18	0,918	9	0,2	1,02	4
	24	0,18	0,918	7	0,2	1,02	3
Бензин А- 76	1	0,016	0,082	83	0,06	0,306	-
	2	0,016	0,082	80	0,06	0,306	-
	3	0,016	0,082	81	0,06	0,306	-
	4	0,016	0,082	84	0,06	0,306	-
	5	0,02	0,102	77	0,08	0,408	46
	6	0,02	0,102	76	0,08	0,408	44
	7	0,02	0,102	74	0,08	0,408	44
	8	0,02	0,102	76	0,08	0,408	45
	9	0,06	0,306	52	0,12	0,612	22
	10	0,06	0,306	50	0,12	0,612	23
	11	0,06	0,306	49	0,12	0,612	24
	12	0,06	0,306	51	0,12	0,612	23
	13	0,1	0,51	38	0,14	0,714	18

Продолжение табл.  
3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Бензин А-76	14	0,1	0,51	35	0,14	0,714	19
	15	0,1	0,51	33	0,14	0,714	19
	16	0,1	0,51	36	0,14	0,714	18
	17	0,14	0,714	26	0,18	0,918	12
	18	0,14	0,714	26	0,18	0,918	0
	19	0,14	0,714	23	0,18	0,918	11
	20	0,14	0,714	27	0,18	0,918	10
	21	0,18	0,918	18	0,2	1,02	8
	22	0,18	0,918	20	0,2	1,02	8
	23	0,18	0,918	20	0,2	1,02	9
	24	0,18	0,918	21	0,2	1,02	9
Бензин АИ-92	1	0,016	0,082	-	0,06	0,306	-
	2	0,016	0,082	-	0,06	0,306	-
	3	0,016	0,082	-	0,06	0,306	-
	4	0,016	0,082	-	0,06	0,306	-
	5	0,02	0,102	107	0,08	0,408	56
	6	0,02	0,102	104	0,08	0,408	57
	7	0,02	0,102	106	0,08	0,408	55
	8	0,02	0,102	106	0,08	0,408	56
	9	0,06	0,306	63	0,12	0,612	33
	10	0,06	0,306	63	0,12	0,612	32
	11	0,06	0,306	61	0,12	0,612	33
	12	0,06	0,306	62	0,12	0,612	34
	13	0,1	0,51	44	0,14	0,714	28
	14	0,1	0,51	45	0,14	0,714	27
	15	0,1	0,51	45	0,14	0,714	29
	16	0,1	0,51	47	0,14	0,714	28
	17	0,14	0,714	39	0,18	0,918	18
	18	0,14	0,714	37	0,18	0,918	20
	19	0,14	0,714	37	0,18	0,918	20
	20	0,14	0,714	39	0,18	0,918	19
	21	0,18	0,918	31	0,2	1,02	13
	22	0,18	0,918	33	0,2	1,02	14
	23	0,18	0,918	34	0,2	1,02	13
	24	0,18	0,918	32	0,2	1,02	15

На основании полученных результатов составлены графики зависимости времени тушения от интенсивности подачи огнетушащего вещества изображенные на рис. 3.2. – 3.4.

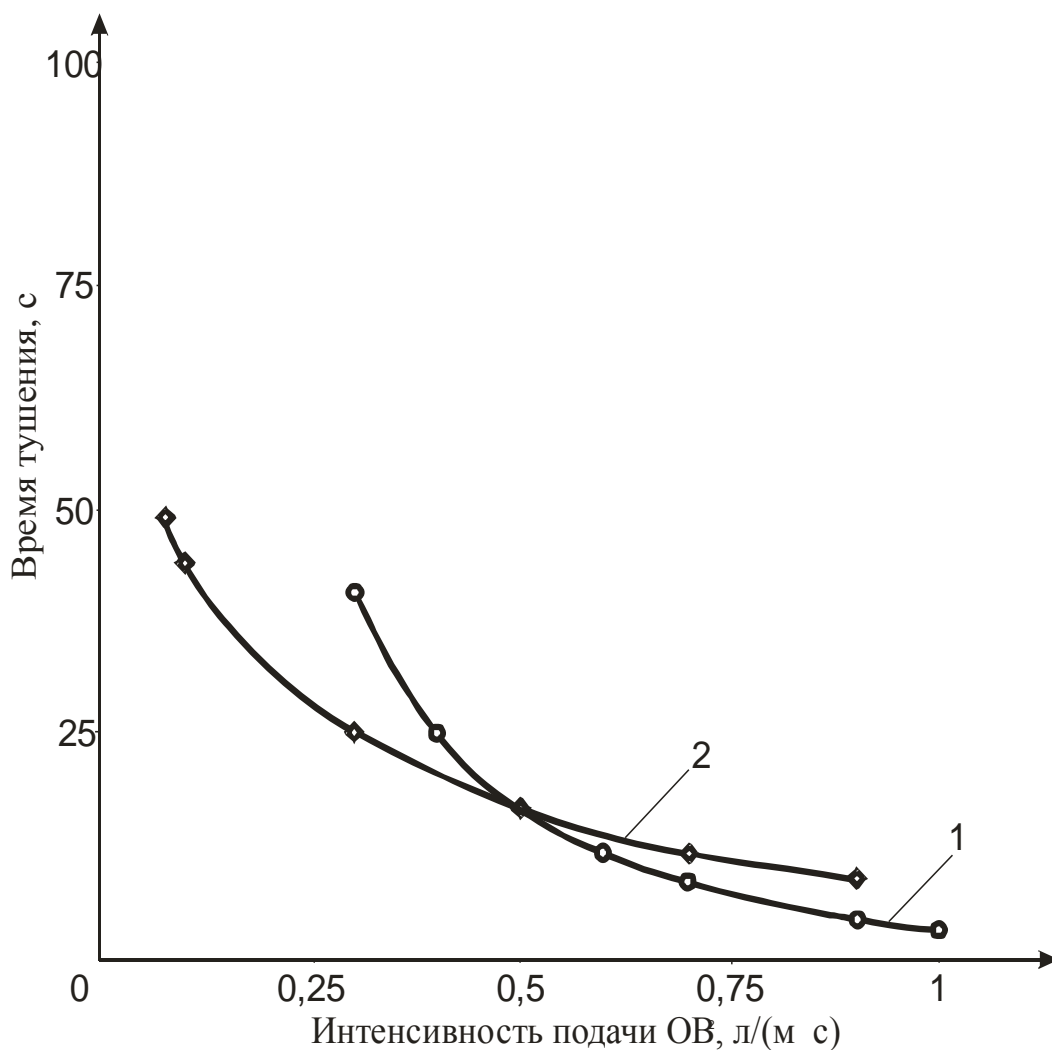


Рис. 3.2. Зависимость времени тушения дизельного топлива от интенсивности подачи ОВ:

- 1 – кривая тушения жидким азотом;
- 2 – кривая тушения пеной средней кратности на основе ПО – 6К

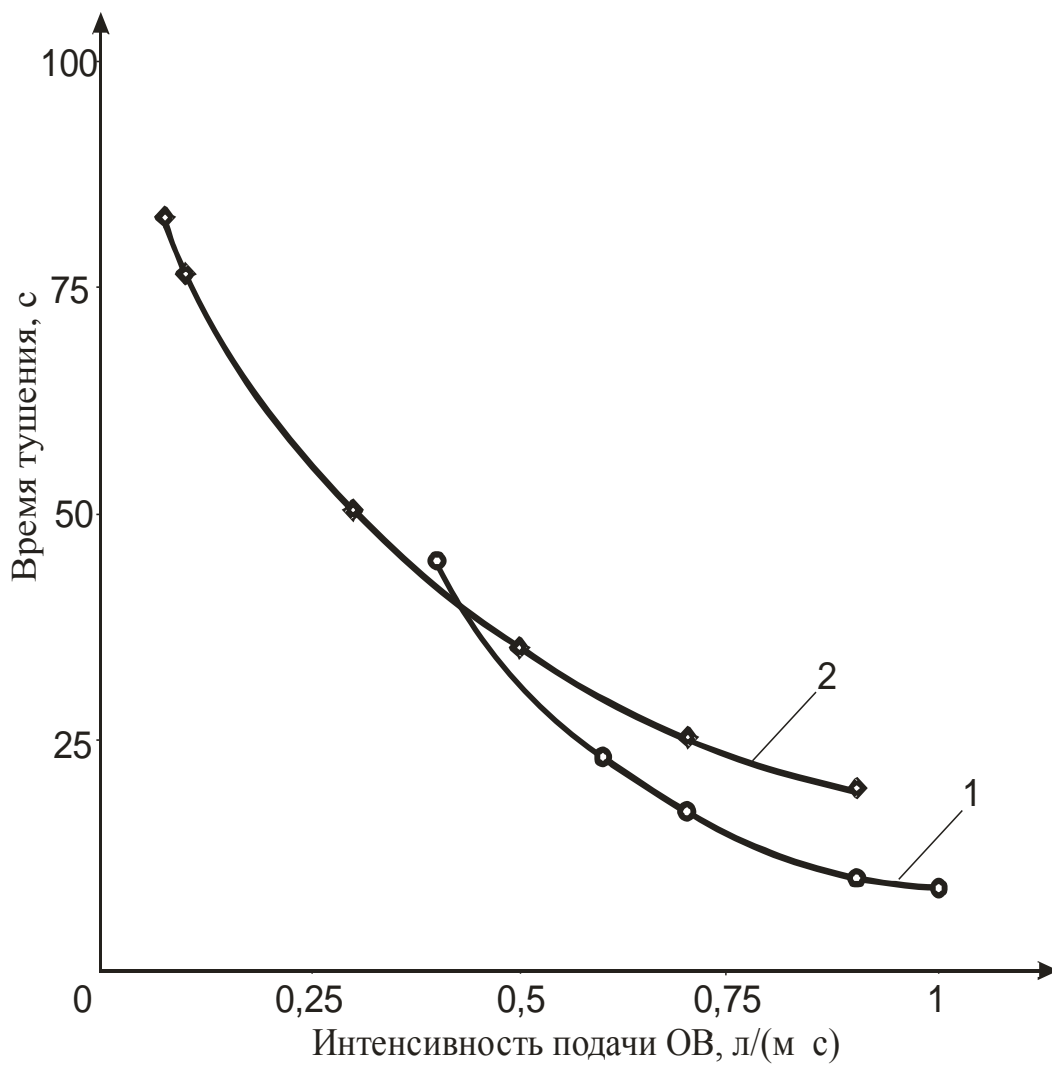


Рис. 3.3. Зависимость времени тушения бензина А – 76 от интенсивности подачи ОВ:

1 – кривая тушения жидким азотом

2 – кривая тушения пеной средней кратности на основе ПО – 6К

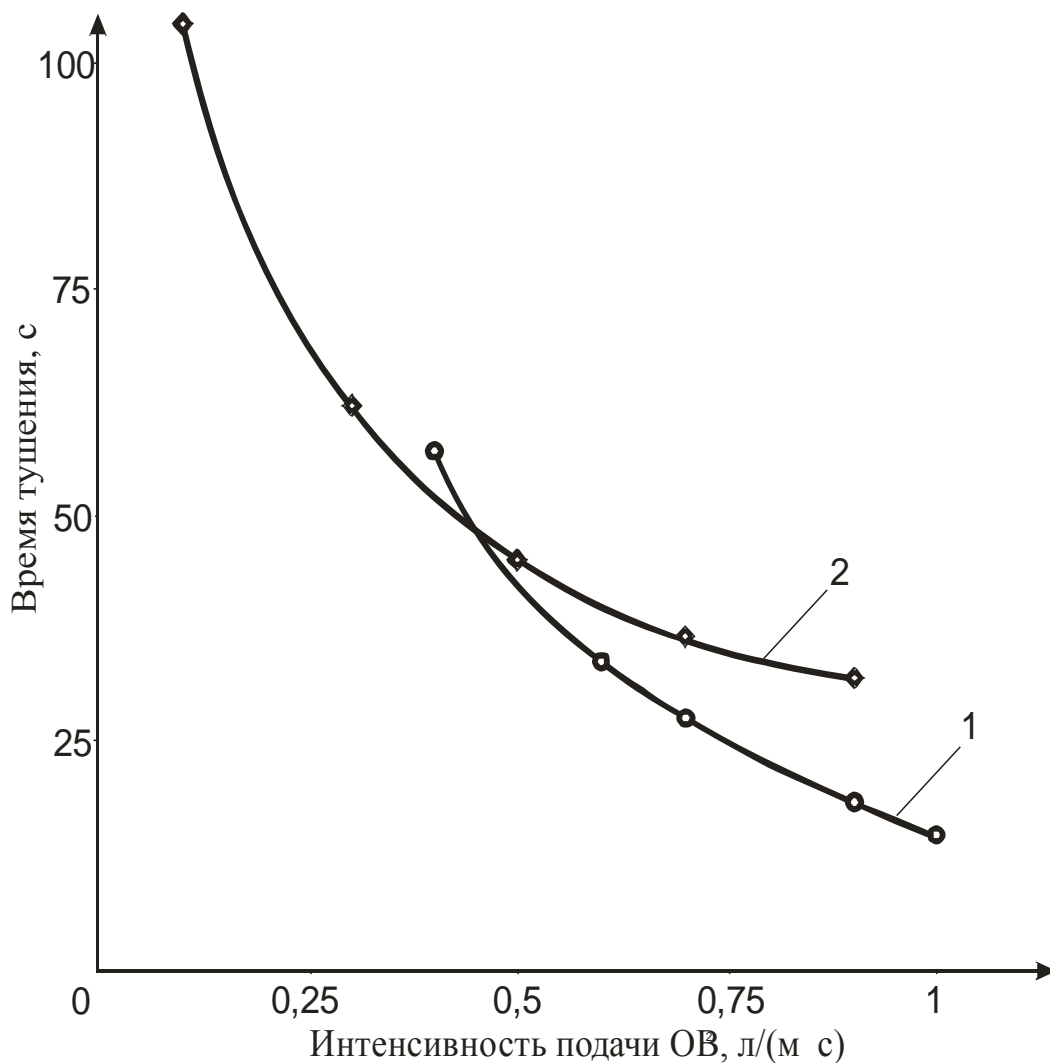


Рис. 3.4. Зависимость времени тушения бензина АИ -92 от интенсивности подачи ОВ:

- 1 – кривая тушения жидким азотом
- 2 – кривая тушения пеной средней кратности на основе ПО – 6К

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать выводы о том, что при интенсивности подачи огнетушащего вещества от 0,5 л/(м.кв. с) и выше наблюдается значительное уменьшение времени тушения, следовательно, эффективность тушения жидким азотом заметно выше чем раствором пенообразователя. Так же необходимо отметить, что значения расхода и интенсивности подачи жидкого азота обеспечивающее успешное тушение модельного очага пожара согласуются с данными экспериментов, проводимых во ВНИИПО [35].

Для рассмотрения механизма огнетушащего действия применяемого криоинерта необходимо более подробно остановиться на математической модели описания процесса тушения нефтепродуктов жидким азотом.

### 3.3. Механизмы огнетушащего действия жидкого азота при тушении нефтепродуктов.

Достаточно полное аналитическое описание количественных закономерностей процессов горения и их прекращения различными огнетушащими средствами в условиях реального пожара, - задача чрезвычайно сложная, так как многофакторны сами эти явления. Тем не менее, попытки хотя бы приближенного их описания предпринимаются постоянно, так как одной из прикладных задач изучения механизма диффузионного и диффузионно-кинетического режимов дефлаграционного горения углеводородов в воздухе, которое чаще всего встречается на пожарах резервуаров, является установление закономерностей прекращения этих, сложных физико-химических процессов [8]. Это оправдано тем, что доминирующую роль в них, как правило, играет не сама химическая кинетика высокотемпературного окисления углеводородов (основной закон процессов горения), а внешние термодинамические и газодинамические условия их протекания, которые в свою очередь влияют на химическую кинетику. Раскрытие этих взаимосвязей позволяет изыскивать оптимальные, наиболее эффективные приемы и способы прекращения горения, рекомендовать научно обоснованные методы тушения пожаров и разрабатывать новые, более эффективные огнетушащие средства и способы их применения.

Прежде чем приступить к математическому описанию огнетушащего действия жидкого азота, рассмотрим более подробно процесс горения жидкости в резервуаре.

Важнейшим свойством жидкости является ее способность к испарению. В результате теплового движения часть молекул, преодолевая

силы поверхностного натяжения жидкости, переходит в газовую зону, образуя над поверхностью ЛВЖ, ГЖ паровоздушную смесь. За счет броуновского движения в газовой зоне имеет место и обратный процесс – конденсация. Если объем над жидкостью замкнутый, то при любой температуре жидкости устанавливается динамическое равновесие между процессами испарения и конденсации. Таким образом, над поверхностью (зеркалом) жидкости всегда существует паровоздушная смесь, которая в состоянии равновесия характеризуется давлением насыщенных паров жидкости или их концентрацией. С ростом температуры давление насыщенных паров возрастает. Таким образом, для любой жидкости всегда существует такой интервал температур, при котором концентрация насыщенных паров над зеркалом будет находиться в области воспламенения.

Для создания нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ) паров над поверхностью жидкости достаточно нагреть до температуры, равной нижнему температурному пределу воспламенения (НТПВ), не всю массу жидкости, а лишь только ее поверхностный слой. При наличии источника зажигания такая смесь будет способна к воспламенению. На практике чаще используются понятия температура вспышки и воспламенения.

Свойство пламени к самопроизвольному распространению имеет место не только в случае горения смесей горючих газов с окислителем, но и при горении жидкостей. При локальном воздействии тепловым источником, например, открытым пламенем, жидкость будет прогреваться, возрастет скорость испарения и при достижении поверхностью жидкости температуры воспламенения в месте воздействия источника произойдет зажигание паровоздушной смеси и установится устойчивое пламя, которое затем с определенной скоростью будет распространяться по поверхности холодной жидкости.

Распространение пламени по поверхности жидкости протекает в результате теплопередачи излучением, конвекцией и молекулярной теплопроводностью от зоны пламени к поверхности зеркала жидкости.

Основную роль в этом, по современным представлениям, играет теплоизлучение от пламени. Пламя, обладая высокой температурой (более  $1000^{\circ}\text{C}$ ), способно, как известно, излучать тепловую энергию. Тепло, излучаясь во все стороны, частично поступает и на еще не горящие участки поверхности жидкости, прогревая последние. Вследствие повышения температуры поверхностного слоя интенсифицируется процесс испарения жидкости, и образования паровоздушной смеси над прогретым участком. Как только образуется горючая паровоздушная смесь, т. е. концентрация паров жидкости превысит нижний концентрационный предел воспламенения, произойдет ее зажигание от пламени. Переместившись на этот участок поверхности жидкости, пламя интенсивнее прогревает следующий участок поверхности жидкости и т. д.

Таким образом, скорость распространения пламени по жидкости, т. е. путь, пройденный пламенем в единицу времени, определяется скоростью прогрева поверхности жидкости, под воздействием лучистого теплового потока от пламени, т. е. скоростью образования горючей паровоздушной смеси над зеркалом жидкости.

После воспламенения жидкости и распространения пламени по ее поверхности устанавливается диффузионный режим ее выгорания, температура поверхности повышается от температуры воспламенения до температуры кипения, происходит формирование прогретого слоя. В этот период скорость выгорания жидкости постепенно повышается, возрастает высота факела пламени в зависимости от диаметра резервуара и вида горючей жидкости. После 1-10 мин горения наступает стабилизация процесса: скорость выгорания и размеры пламени остаются в дальнейшем неизменными.



Процесс горения жидкости определяется взаимной диффузией горючего и окислителя, однако при горении жидкости устанавливается определенная скорость выгорания, которая зависит как от термодинамических параметров жидкости, так и от условий диффузии кислорода воздуха и паров жидкости. Между зоной горения и поверхностью жидкости устанавливается определенный тепло- и массообмен. Часть теплового потока, поступающего к поверхности жидкости, затрачивается на ее нагрев до температуры кипения и испарения жидкости. Кроме того, тепло на нагрев жидкости поступает от факела пламени теплопроводностью через стенки резервуара, однако при достаточно большом его диаметре данной величиной можно пренебречь.

Интенсивность теплового потока из зоны пламени обуславливает определенную скорость поставки горючего в эту зону, химическое взаимодействие которого с окислителем, в свою очередь, влияет на величину теплового потока, поступающего на поверхность жидкости. В этом и состоит взаимосвязь массо- и теплообмена зоны пламени и конденсированной фазы при горении жидкостей. Оценку доли тепла от общего тепловыделения при горении жидкости, которая затрачивается на ее подготовку к горению, можно провести исходя из следующих соображений. В момент установления процесса выгорания температура поверхности жидкости резко возрастает от температуры воспламенения до температуры кипения, которая в дальнейшем по мере выгорания остается неизменной. Однако это справедливо только для индивидуальных жидкостей. В процессе горения смеси жидкостей, имеющих разную температуру кипения (бензины, нефть и т. д.), происходит их фракционная перегонка. Вначале происходит выход легкокипящих фракций, затем-все более высококипящих. Этот процесс сопровождается постепенным повышением температуры на поверхности жидкости. Нагрев поверхности жидкости лучистым потоком от пламени сопровождается передачей тепла вглубь ее. Этот теплоперенос осуществляется в основном теплопроводностью и ламинарной конвекцией за счет движения нагретых и

холодных слоев жидкости. Прогрев жидкости теплопроводностью осуществляется на небольшую глубину. Этот тип температурного поля называется распределением температуры первого рода.

Ламинарная конвекция возникает в результате различной температуры жидкости у стенок резервуара и в его центре, а также вследствие фракционной разгонки в верхнем слое при горении смесей. Дополнительная передача тепла от нагретых стенок резервуара к жидкости приводит к прогреву ее слоев у стенок до более высокой температуры, чем в центре. Более нагретая у стенок жидкость поднимается вверх, что способствует интенсивному перемешиванию и быстрому прогреву слоя жидкости на большую глубину. Образуется так называемый гомотермический слой, т. е. слой с практически постоянной температурой, толщина которого растет во времени горения. Такое температурное поле называют распределением температуры второго рода. Образование гомотермического слоя возможно также и в результате фракционной перегонки приповерхностных слоев смесей жидкостей, имеющих различную температуру кипения. По мере выгорания таких жидкостей приповерхностный слой обогащается более плотными высококипящими фракциями, которые опускаются вниз, способствуя тем самым конвективному прогреву жидкости.

Исходя из рассмотренных выше представлений о механизме выгорания жидкости следует, что на скорость выгорания оказывают влияние интенсивность теплового потока, поступающего от пламени к зеркалу жидкости и теплофизические параметры горючего (температура кипения, теплоемкость и теплота испарения). Существует определенное соответствие между скоростью выгорания и затратами тепла на прогрев и испарение жидкости. С понижением уровня жидкости происходит незначительное снижение скорости выгорания. Поскольку подвод воздуха за счет диффузии из окружающей среды, необходимого для горения, непосредственно вовнутрь резервуара невозможен, то при понижении уровня жидкости происходит удаление зоны пламени от поверхности горения. Величина

лучистого потока к зеркалу жидкости снижается а, следовательно, уменьшается и скорость выгорания.

При тушении реальных пожаров прекращение процессов горения наступит в тот момент, когда во всей зоне горения будут созданы такие физические (или химические) условия, при которых параметры процесса горения (скорость распространения пламени, либо предельная теплота сгорания, либо температура в зоне реакции горючего с окислителем) достигнут предельного, критического значения[35].

Механизмы прекращения процессов горения при тушении пожаров с применением различных огнетушащих составов, как правило, реализуются путем превышения предельных значений.

При введении в зону горения нейтральных разбавителей процесс горения прекратится либо после достижения концентрации нейтрального газа выше предельной, либо скорость распространения пламени при данной концентрации нейтрального газа станет ниже аэродинамической скорости движения горючей смеси в зоне горения.

Нейтральные газы условно называются разбавляющими огнетушащими средствами, т. е. действующими по механизму разбавления компонентов горючей смеси в зоне реакций горения.

С учетом огнетушащей эффективности газообразного азота, а также таких физических свойств жидкого азота, как плотность, температура кипения, теплота испарения, упругость паров, представляется актуальным рассмотрение физико-математической модели тушения нефтепродуктов жидким азотом, учитывающей охлаждающую и флегматизирующую эффективность жидкого азота в процессе тушения горючих жидкостей.

Рассмотрим пожар в резервуаре с легковоспламеняемой жидкостью, на котором можно установить связь временных и энергетических параметров. Для этого необходимо принять ряд условий, которые назовем условиями однозначности.

Горение происходит на открытом воздухе при полном отсутствии ветра. Кислород, необходимый для горения, поступает в зону горения из окружающей среды вместе с воздухом, интенсивно притекающим в зону горения под действием сил конвективной молярной диффузии. Поэтому пламя горючих жидкостей в резервуарах является диффузионным. Таким образом, приток воздуха в зону горения и отток продуктов горения от факела пламени происходит по законам естественной конвекции. Допустим также, что жидкость однородна и начальная температура ее значительно выше температуры воспламенения. Поток пара к зоне горения поступает непрерывно благодаря процессу испарения, который, в свою очередь, определяется интенсивностью лучистого теплового потока из зоны горения к зеркалу горючей жидкости.

С точки зрения теории теплопроводности, слой жидкости горящего резервуара принимаем за полубесконечное тело. Если площадь зеркала жидкости достаточно велика и воспламенение паровоздушной смеси произошло не над всей свободной поверхностью, то пламя быстро распространится по зеркалу жидкости. Так как жидкость в резервуаре однородна (по химическому составу), то и в процессе выгорания состав будет постоянным. Наконец, последнее допущение, что высота свободного (сухого) борта не оказывает существенного влияния на процесс горения, то есть отрезок времени, в течение которого происходит развитие и стабилизация горения, а также процесс тушения не значителен и поэтому высота сухого борта остается постоянной.

В случае диффузионного горения паров, оттекающих со свободной поверхности горючей жидкости, процесс горения также можно прекратить охлаждением зоны горения до температуры потухания, химическим торможением, а также изоляцией паров горючего от зоны. Поэтому представляется весьма перспективным способ прекращения доступа паров горючей жидкости в зону горения путем внезапного охлаждения поверхностного слоя горючей жидкости. Особенность этого приема состоит в

осуществлении экстренного снижения температуры прогретого поверхностного слоя жидкости до температуры ниже температуры вспышки паров данной жидкости. Для случая диффузионного горения жидкостей со свободной поверхности (в больших резервуарах) справедливо условие снижения интенсивности поступления паров в зону горения за счет охлаждения поверхностного слоя.

Закон тепловыделения для элементарного объема  $\Delta V$  в зоне наиболее интенсивного кинетического режима протекания реакции горения  $q_1=f(T)$ , как и при рассмотрении процессов воспламенения, можно записать в виде функции скорости химической реакции горения:

$$q_1 = f(T) = Q \cdot \Delta V \cdot w = Q \cdot \Delta V \cdot k_0 \cdot c_1^{v_1} \cdot c_2^{v_2} e^{-\frac{E}{RT}} \quad (3.1)$$

В отличие от процессов воспламенения, когда можно пренебречь снижением скорости реакции  $w=f(T)$  за счет изменения концентрации реагентов вследствие их выгорания, так как в том случае степень выгорания мала, здесь необходимо учитывать этот фактор. Поэтому функция  $q=f(T)$  имеет точку перегиба и претерпевает изменение именно в области сравнительно невысоких температур, стремясь при температурах зоны реакции не к бесконечности, как следует из уравнения (3.1), а асимптотически приближаясь к максимальному, но конечному значению  $q=f(T) \rightarrow q_{max}$  (рис. 3.5.)

Закон изменения функции теплоотвода с элементарной площади поверхности фронта пламени  $\Delta S_{пл}$  в этой зоне будет определяться суммой лучистых  $q_2' = \Delta S \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$  и конвективных  $q_2'' = \alpha \cdot \Delta S \cdot (T - T_0)$  теплотерь:  
 $q_2 = q_2' + q_2'' = \Delta S [\varepsilon \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4) + \alpha \cdot (T - T_0)]$

Согласно принятому в теплопередаче методу замены  $\alpha$  на  $\alpha_{пр}$ , приведенный коэффициент теплопередачи равен .

Проекция (рис 3.2.) точки Г пересечения кривых  $q_1$  и  $q_2$  на ось абсцисс и будет соответствовать температуре продуктов горения.

Известно, что температура продуктов горения равна:

$$(3.2)$$

Анализ механизма теплового потухания пламени, приведенный в работах [19] и [17], предусматривает одновременное с изменением температуры в зоне горения изменение скорости выгорания компонентов горючей смеси, объема зоны реакций горения и, соответственно, скорости тепловыделения и интенсивности теплоотвода.

Решение этой динамической нестационарной задачи графически изображают как геометрическое место точек пересечения кривых массовой скорости выгорания и теплового баланса. Для простоты изложения (графического изображения и аналитического описания) в данном разделе этот процесс условно заменен только балансом тепла в зоне реакции.

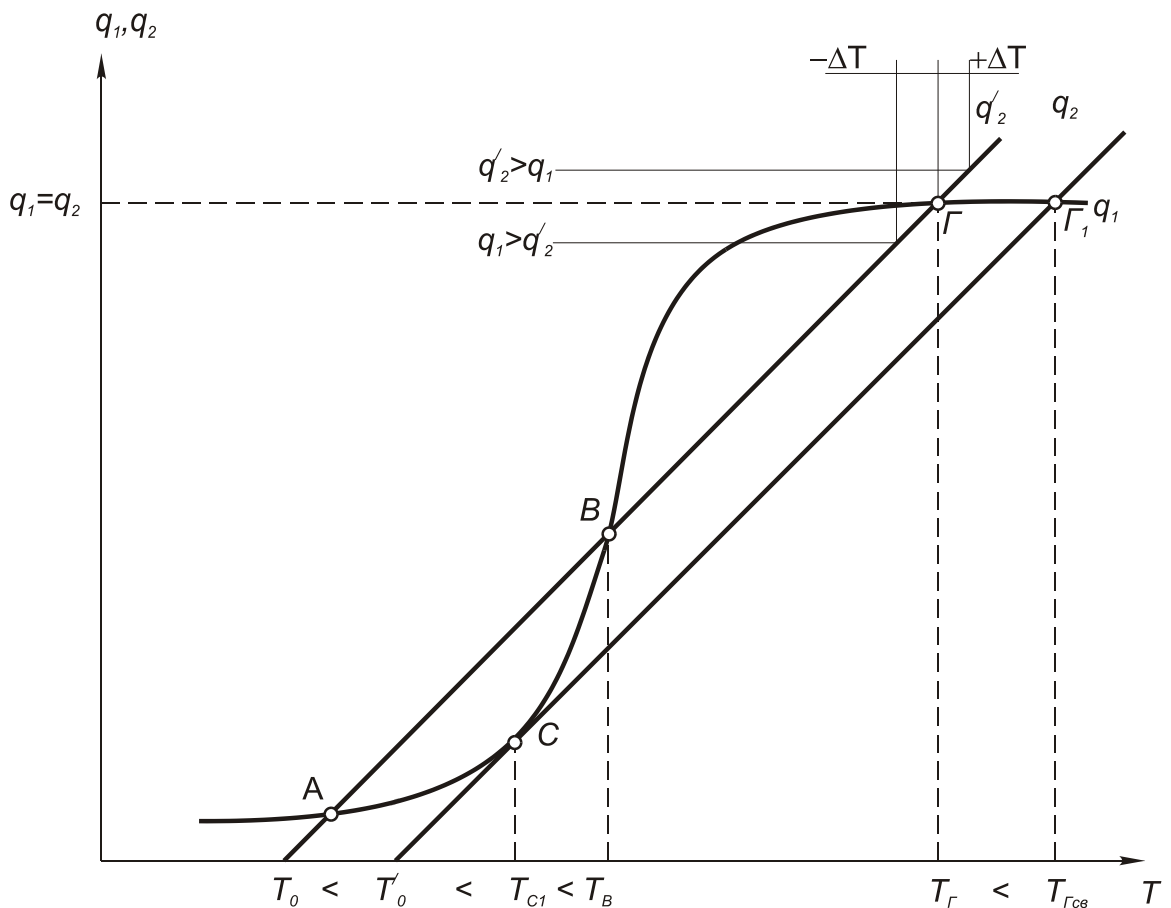


Рис. 3.5. Графическая схема определения температуры зоны горения при равенстве интенсивностей тепловыделения и

Таким образом, нестационарная задача потухания пламени сведена к квазистационарному процессу изменения температуры в зоне реакции от стационарной (равновесной) температуры пламени к нестационарной температуре потухания.

Допустим, что условие стационарности процесса горения сохраняется, т. е. что в точке  $\Gamma_2$  выполняется условие равенства , а производные  $\left(\frac{dq_1}{d\Gamma}\right)_{\Gamma_2}$   $\left(\frac{dq_2}{d\Gamma}\right)_{\Gamma_2}$ , т.е. левее точки  $\Gamma_2$  при температуре,  $T_{\Gamma_2} - \Delta T$ ,  $q_1(T) > q_2(T)$ , а правее точки  $\Gamma_2$  при температуре  $T_{\Gamma_2} + \Delta T$ , наоборот,  $q_1(T) < q_2(T)$ . Значит, если горящую систему вывести из состояния равновесия методом малых возмущений, горение не прекратится.

Однако из приведенного анализа очевидно, что применяя совокупность нескольких способов снижения температуры одновременно, можно так изменить соотношение интенсивностей тепловыделения  $q_1=f(T)$  и теплоотвода  $q_2=f(T)$ , чтобы в точке их пересечения были равны не только значения самих функций  $q_1(T) = q_2(T)$ , но и их первых производных по температуре, т. е. чтобы в этой точке  $\left(\frac{dq_1}{d\Gamma}\right) = \left(\frac{dq_2}{d\Gamma}\right)$ .

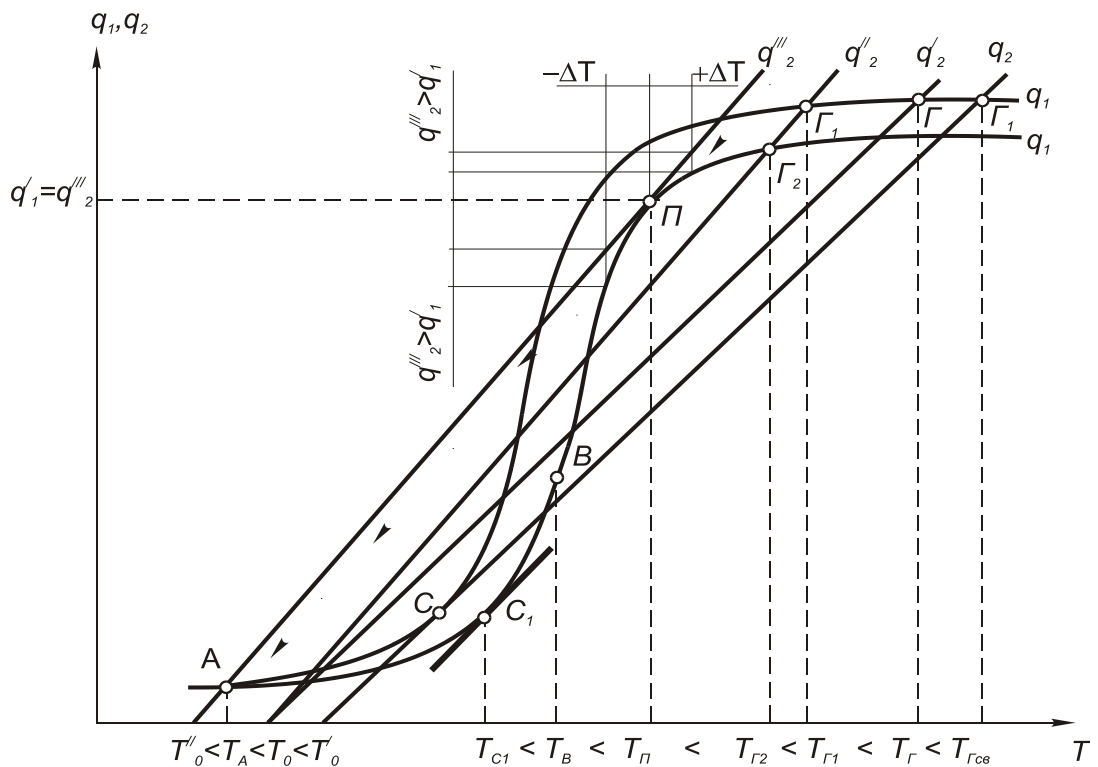


Рис. 3.6. Схема достижения температуры потухания пламени при одновременном изменении интенсивности тепловыделения и теплоотвода.

Графически это означает, что кривая  $q_2=f(T)$  должна занять крайнее левое положение по отношению к  $q_1=f(T)$ , чтобы иметь с ней в области высоких температур (выше точки перегиба В на кривой  $q_1=f(T)$ , являющейся точкой воспламенения) только одну общую точку - точку касания П (рис. 3.6.). Это означает, что в точке П при температуре  $T_{П}$  интенсивность тепловыделения в зоне горения  $q_1 = f(T)_{T_{П}}$  равна интенсивности теплоотвода  $q_2^{lin'} = f(T)_{T_{П}}$ , а также что их первые производные по температуре в точке П

также равны между собой:  $\frac{dq_1}{dT} = \frac{dq_2}{dT}$ , так как кривая  $q_2^{lin'} = f(T)$  является касательной к кривой  $q_1 = f(T)$  в точке П. Заметим при этом, что температура  $T_{П}$ , соответствующая точке П, есть наименьшая из рассмотренных выше стабильных температур  $T_{П} < T_{Г2} < T_{Г1} < T_{Г}$ . Поданный в зону горения нейтральный газ снизит температуру горения до



$T_{Г1}$ , повысив теплоотвод из зоны горения за счет увеличения  $\lambda_{CM}$  и  $\varepsilon_{CM}$ ; пары азота, разбавив реагенты в зоне горения  $C_1'$  и  $C_2'$ , одновременно снизят интенсивность тепловыделения  $q_1 = f(T)$  до  $q_1' = f(T)$  за счет уменьшения

$$w = f(T, c_1', c_2')$$

скорости реакции . Это обстоятельство, в свою очередь, снизит температуру до  $T_{Г2}$ . Газ, испаряющийся вокруг зоны горения, снизит температуру окружающей среды с  $T_0$  до  $T_0''$ , что повысит интенсивность теплоотвода от зоны горения с  $q_2 = f(T)$  до  $q_2^{||\gamma'} = f(T)$  за счет роста интенсивности конвективного и лучистого теплоотвода от пламени. Графически это выразится как параллельный перенос кривой  $q_2^{||\gamma'} = f(T)$  левее кривой  $q_2^{||\gamma} = f(T)$ . Допустим при этом, что кривые займут такое расположение, какое показано на рис. 3.6., т. е. когда  $q_2^{||\gamma'} = f(T)$  стала касательной к кривой  $q_1 = f(T)$  в точке  $\Pi$ , следовательно, выполняются условия равенства интенсивностей тепловыделения и теплоотвода в этой точке (при температуре  $T_{\Pi}$ ) и их первых производных по температуре.

Заметим при этом, что в точке  $\Pi$  положение горючей системы впервые стало неустойчивым, как и в точке  $C$ , при температуре самовоспламенения  $T_C$  (рис. 3.5.). В том случае - случае самовоспламенения - также выполнялось в точке  $C$  касания кривых  $q_1 = f(T)$  и  $q_2 = f(T)$  условие равенства интенсивностей тепловыделения и теплоотвода  $q_1(T_C) = q_2(T_C)$  и их первых

производных по температуре . Но отличие нового состояния системы в точке потухания  $\Pi$  от состояния системы в точке самовоспламенения  $C$  состоит в том, что при самовоспламенении вторая производная от интенсивности тепловыделения по температуре

положительна, т. е.  $\left(\frac{d^2 \cdot q_1}{dT^2}\right) \cdot T_c > 0$ , а в точке потухания она отрицательна, т. е.  $\left(\frac{d^2 \cdot q_1}{dT^2}\right) < 0$ .

При самовоспламенении, система находится на «разгоне» скорости химических реакций горения (и соответственно интенсивности тепловыделения). Интенсивность тепловыделения с ростом температуры прогрессирующе возрастает (кривая  $q_1 = f(T_c)$  вогнутая), а при потухании запасы потенциальной химической энергии горючей смеси во фронте пламени практически исчерпаны и, хотя с ростом температуры интенсивность тепловыделения еще слегка возрастает  $\left(\frac{d \cdot q_1}{dT}\right) > 0$ , темп прироста этой интенсивности по температуре снижается:  $< 0$  (кривая  $q_1 = f(T)_{II}$  выпуклая).

Проанализируем состояние и «поведение» системы в точке II при температуре потухания пламени  $T_{II}$  методом малых возмущений.

Если внешним воздействием температуру системы несколько повысить выше равновесной  $T_{II}$  на величину  $\Delta T$ , т. е. до значения  $T = T_{II} + \Delta T$ , то система вновь самопроизвольно охладится до температуры  $T_{II}$  и вернется в точку II, так как правее этой точки, куда перевели систему, тепловыделение  $q_1 = f(T)$  меньше теплоотвода  $q_2''' = f(T)$ , т. е. система относительно устойчива. Если теперь столь же малым внешним воздействием понизить температуру системы на величину  $\Delta T$  до температуры  $T = T_{II} - \Delta T$  и перевести ее чуть левее точки II, то система мгновенно самопроизвольно начнет охлаждаться дальше, так как слева от точки II интенсивность теплоотвода, как и справа, больше интенсивности тепловыделения, т. е.  $q_2''' = f(T) > q_1' = f(T)$ . Поэтому левее точки II температура системы будет продолжать прогрессирующе снижаться, пока не дойдет до второй равновесной температуры  $T_A$ , где реакции окисления практически не идут.

Таким образом, доказано, что при малейшем смещении от точки  $T_{II}$  влево, что соответствует снижению температуры системы ниже  $T_{II}$ , процесс горения становится невозможным и пламя потухает.

Из графика на рис. 3.6. видно, что температура потухания кинетического пламени  $T_{II}$  на оси абсцисс лежит правее точки  $T_C$ , соответствующей температуре самовоспламенения горючей смеси данного состава, т. е. численное значение температуры потухания пламени оказывается выше температуры самовоспламенения. Это парадоксальное явление называется в теории процессов горения гистерезисом температурной кривой потухания пламени.

Если предположить, что доля тепловых потерь от фронта пламени (на излучение и другие виды потерь) на пределе потухания составляет величину порядка 40%, то, подставляя в уравнение для температуры продуктов горения численное значение их средней теплоемкости в диапазоне температур от 100°C до 1000°C 1,41 кДж/м<sup>3</sup>, получим численное значение температуры потухания  $T_{II} \approx 1230$  °C (т. е. 1500 К). Если учесть, что на пределе потухания доля тепловых потерь возрастает из-за снижения скорости сгорания и роста толщины фронта пламени, то эта температура окажется еще ниже, порядка 1000 - 1100°C.

Перейдем к условию наступления прекращения горения в результате воздействия на стационарно горящий резервуар жидким азотом.

Жидкий азот не только отнимает тепло, необходимое для процесса сублимации  $N_2 \rightarrow r_{N_2}$ , кДж/кг, но и отнимает дополнительное количество тепла на нагревание газообразного  $N_2$  до температуры на поверхности зеркала жидкости. Таким образом:

(3.3)

Необходимо рассмотреть еще один достаточно важный процесс, влияющий на поглощение тепла уже газообразным азотом [19]. Ввиду того, что процесс испарения протекает достаточно интенсивно и вызывает большое объемное расширение азота, происходит постоянный отток газа  $N_2$  от поверхности зеркала жидкости, причем процесс выделения газа из слоя жидкости протекает на всей площади поверхности. Это явление можно сравнить с транспирацией - пленочным охлаждением пористой стенки, через которую продувается охладитель. В этом случае при выделении охладителя создается противоток, между охладителем, выходящем из стенки (в нашем случае слоя жидкости), и тепловым потоком, который движется от горячего газа к более холодной поверхности. Для описания процесса транспирации используется поток Кетте, который имеет место между двумя параллельными стенками, одна из которых закреплена неподвижно (слой жидкости), в то время как вторая движется с постоянной скоростью в своей плоскости (потоки газа над поверхностью). Схематично процесс транспирации показан на рис. 3.7.

Допустим, что стенки находятся при двух разных температурах  $T_i$  и  $T_0$ , как показано на рисунке. Температура в поле потока будет функцией только  $y$ , если температуры обеих поверхностей постоянны и если поток находится на достаточном расстоянии от входа. Тепловой баланс элемента объема должен учитывать тепловые потоки. В дифференциальной форме уравнение поглощения энергии азотом в результате процесса транспирации выглядит так:

$$q_w = -\lambda \frac{dT}{dy} \quad (3.4)$$

Решение уравнения, с учетом скорости испарения жидкого азота, выглядит следующим образом:

(3.5)

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи азота, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;

$m^t$ - массовая скорость испарения жидкого азота в жидкости, кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$T_i, T_0$ - температура азота, соответственно, на поверхности зеркала жидкости и у факела пламени.

Таким образом, удельная величина общего количества тепла, отводимого 1 кг жидкого азота, составит

$$Q_{\text{отд}}^{\text{от}} = r_{N_2} + c_{N_2} (T_{\text{фак}} - T_{\text{ж}}) + \frac{\alpha}{m^t} (T_{\text{ж}} - T_{\text{фак}}) \quad (3.6)$$

Итак, по теории потухания пламени процесс горения прекратится при выполнении условий:

$$q_{\text{отд}} \leq Q_{\text{отд}} \cdot I_{N_2} \quad (3.7)$$

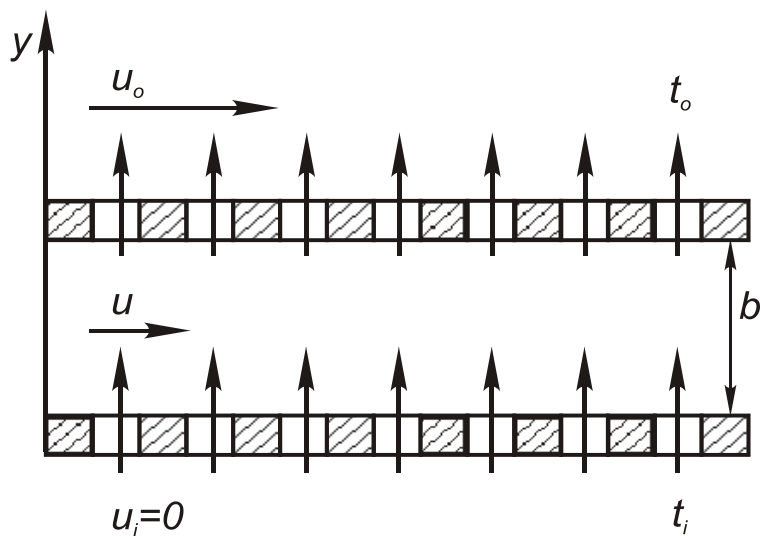


Рис.3.7. Поток Кетте с проникновением газа через пористые стенки.

(3.8)

где  $I_{N_2}$  - интенсивность подачи жидкого азота в резервуар с горячей жидкостью, необходимая для снижения интенсивности теплового потока к поверхности жидкости,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$G_{N_2}$  - количество азота необходимое для снижения запаса тепла, аккумулированного в верхнем слое жидкости, кг.

Решим уравнения относительно  $I_{N_2}$  и  $G_{N_2}$ . Получим:

$$I_{N_2} = (\varepsilon_1 \sigma_1 [T_1^4 - T_2^4]) \phi + \alpha \cdot (\Delta T) \quad (3.9)$$

(3.10)

Таким образом, для тушения пожара на резервуаре с нефтепродуктом с площадью поверхности  $F_{ж}$  и временем подачи жидкого азота с потребуется:

(3.11)

где  $k$  - коэффициент запаса (условно принят равным 3), как и для случая тушения аналогичного пожара пеной средней кратности  $K_{II} \approx 100$ .

Необходимо заметить, что данная модель тушения построена на основе тепловой теории потухания.

Дополнительным немаловажным механизмом тушения является разбавление зоны горения. Однако ввиду своих физических свойств (плотность газообразного азота несколько ниже плотности воздуха) рассмотрение данного механизма, как существенно влияющего на предельные явления при горении нефтепродукта, не актуально.

Как отмечалось ранее, практика тушения пожаров на резервуарах ограничивается методами охлаждения и изоляции, как наиболее простыми и доступными способами. В качестве огнетушащих средств широко используются вода и различного рода пены. При этом важно отметить, что охлаждение самих компонентов горючей смеси (перед зоной горения) данными средствами практически бесполезно, так как газоздушные смеси соответствующего состава способны гореть практически при любой начальной температуре. Тепло необходимо отводить непосредственно из зоны горения, т. е. зоны реакций. Поэтому разработка новых, более эффективных средств и способов тушения пожаров ЛВЖ и ГЖ интенсивно ведется во многих странах мира. Однако все эти способы в реальных условиях, на первый взгляд, трудно осуществимы, требуют больших затрат, применения специальных видов пожарной техники и т.д. Для получения более полной картины о возможности тушения пожаров резервуаров применением жидкого азота с точки зрения экономической эффективности проведем сравнительный анализ эффективности применения предлагаемого и традиционных огнетушащих веществ.

#### 3.4. Сравнительный анализ эффективности применения жидкого азота по отношению к традиционным огнетушащим веществам.

##### 3.4.1. Основной принцип тушения пожара жидким азотом.

В пожаротушении. Литр жидкого азота, испаряясь и нагреваясь до 20 °С, образует примерно 700 литров газа. На этом факте основан принцип тушения пожаров жидким азотом. Испаряясь, азот вытесняет кислород, необходимый для горения, и пожар прекращается. Так как азот, в отличие от воды, пены или порошка, просто испаряется и выветривается, азотное пожаротушение — самый эффективный с точки зрения сохранности ценностей механизм тушения пожаров.

### 3.4.2. Расчет сил и средств для тушения пожара на резервуаре, применения жидкого азота по отношению к воздушно-механической пене

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности военных объектов является обязательным условием при технико-экономическом обосновании мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Расчеты экономического эффекта, в основном, ведутся для обоснования выбора мероприятий по обеспечению пожарной безопасности того или иного объекта.

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными (оценивается соответствие фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими (оценивается достигаемый экономический результат) показателями.

Методики по расчету экономических критериев достаточно хорошо проработаны и схожи единым подходом к решению вопроса экономической эффективности систем пожаротушения - это подсчет прямых и косвенных затрат (в рублях) на всех этапах создания, размещения, применения и обслуживания данных систем. Помимо затратного метода, исходя из схемы системного анализа по методу "затраты - эффективность", под категорией экономического эффекта создания и применения систем пожаротушения понимается величина предотвращенного ущерба за вычетом из нее экономических затрат за весь срок эксплуатации.

Оценка систем пожаротушения по этим методам достаточно проста и сводится к действительно простому результату - лучшей является система, которая во всех отношениях дешевле. Такой подход очень хорошо применим для определения вопросов экономики систем пожаротушения, используемых на объектах Министерства обороны.

С целью выяснения экономической эффективности применения жидкого азота как огнетушащего вещества по отношению к воздушно-



механической пене произведем расчет экономических затрат, связанных с содержанием систем пенного и криогенного пожаротушения.

Расчет будет производиться на примере тушения пожара резервуара РВС-2000 со стационарной крышей для трех случаев:

- тушение воздушно-механической пеной средней кратности поверхностным способом (первый вариант ППЗ);
- подслоное тушение пеной низкой кратности (второй вариант ППЗ);
- тушение жидким азотом поверхностным способом (третий вариант ППЗ).

В связи с этим примем ряд допущений по техническому оборудованию резервуарного парка:

- число резервуаров в группе – 4 (расположение в ряд);
- все резервуары оборудованы стационарными установками пожаротушения и кольцами орошения с “сухими” трубопроводами, выведенными за обвалование. Тушение осуществляется передвижной пожарной техникой;
- период эксплуатации резервуара – 15 лет (за период эксплуатации в резервуарном парке возник один пожар);
- время с момента возникновения пожара до введения сил и средств на его тушение – 15 минут;
- время тушения: - первый вариант ППЗ – 15 мин [31];
- второй вариант ППЗ – 10 мин [31];
- третий вариант ППЗ – 2 мин [36].

С учетом последствий пожара горевший нефтепродукт в целях дальнейшего применения подлежит очистке. Затраты на технологический процесс очистки для трех рассматриваемых вариантов ППЗ неодинаковы, вследствие чего коэффициент  $K_{ТП}$ , отражающий затраты на технологический процесс очистки для первого и второго вариантов ППЗ равен 0,5; для третьего варианта – 0,1.

## Расчет сил и средств для тушения пожара на резервуаре

Расчетом сил и средств, необходимых для тушения пожаров нефтепродуктов, определяются:

- расход пенообразователя за расчетное время тушения и запас его;
- расход воды на тушение и охлаждение горящего и соседних резервуаров;
- количество и виды пожарного оборудования, необходимого для получения и подачи пены (жидкого азота) в резервуары;
- количество пожарной техники и транспортных средств, необходимых для тушения пожара и доставки пенообразователя;
- численность личного состава, участвующего в тушении пожара.

Требуемый расход раствора пенообразователя на тушение горящего резервуара определяется по формуле:

(3.12)

где  $I_{mp}$  - требуемая интенсивность подачи раствора пенообразователя на тушение горящего резервуара.

Необходимое количество ГПСС- 600 на тушение горящего резервуара:

$$N_{\text{ГПСС}} = \frac{Q_{\text{ГПСС}}}{q_{\text{ГПСС}}} \quad (3.13)$$

где  $q_{\text{ГПСС}}$  – расход огнетушащего вещества одного средства тушения.

Количество отделений, необходимых для проведения работ по тушению горящего резервуара:

(3.14)

где  $N_{\text{с\т}}$  - количество средств тушения, необходимых на ликвидацию пожара на резервуаре;

$n_{\text{стод}}$  - количество средств тушения, подаваемых одним отделением.

Общий запас пенообразователя на тушение резервуара определяется по формуле:

(3.15)

где:  $\tau_{\text{р}}$  - расчетное время тушения пожара, с;

$K_3$  – коэффициент запаса огнетушащего вещества ( $K_3= 3$ );

$q_{\text{но}}$  – расход одного ГПС по пенообразователю.

Расходы огнетушащих веществ и воды на тушение и охлаждение резервуаров определяются по фактической производительности средств пожаротушения. При этом определяющим фактором является интенсивность подачи средств тушения, т. е. их количество, подаваемое в единицу времени на единицу площади горящего резервуара в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2 «Нормы интенсивности подачи воздушно-механической пены на тушение пожаров»

Вид горючего	Интенсивность подачи, л/сек на 1 м <sup>2</sup>	
	по раствору	по пене
Воздушно-механическая пена (кратностью 100)		
Нефтепродукты с температурой вспышки +28° С и ниже (кроме нефти)	0,08	8,0

Нефти и другие нефтепродукты с температурой вспышки выше 28 °С	0,05	5,0
--	------	-----

Расчетную площадь тушения пожара в наземных вертикальных резервуарах со стационарной крышей следует принимать равной площади горизонтального сечения резервуара.

За расчетный расход воды при пожаре на складе нефтепродуктов следует принимать один из наибольших расходов на пожаротушение и охлаждение резервуаров (исходя из наибольшего расхода при пожаре одного резервуара).

Расход воды на охлаждение наземных вертикальных резервуаров следует определять расчетом, исходя из интенсивности подачи воды л/с на 1 метр длины окружности резервуара [31]:

- горящего резервуара - 0,5 л/с;
- соседних резервуаров - 0,2 л/с (принимая за расчетную длину 0,5 длины окружности резервуара).

Расчетную продолжительность охлаждения горящего и соседних с ним наземных резервуаров при тушении пожара передвижной пожарной техникой следует принимать 6 часов.

На действующих базах и складах силы и средства тушения пожаров на резервуарах с нефтепродуктами рассчитываются с учетом имеющейся техники, пожарного оборудования и численности личного состава пожарной команды и воинской части, а также привлечения пожарных команд других частей и ведомств.

Для оценки капиталовложений на пожаротушение резервуаров проведем расчет сил и средств для тушения пожара на РВС-2000.

Расчет сил и средств для тушения воздушно-механической пеной  
средней кратности поверхностным способом

Требуемый расход раствора пенообразователя на тушение горящего резервуара:

$$Q_{\text{тп}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot I_{\text{тп}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 14^2 \cdot 15,2 \cdot 0,008}{4} = 14,5 \text{ л/с}$$

Необходимое количество ГПСС- 600 на тушение горящего резервуара:  
ГПСС

Количество отделений, необходимых для проведения пенной атаки  
горящего резервуара:

отд.

Общий запас пенообразователя на тушение резервуара:

л

Расход воды на охлаждение горящего резервуара:

$$Q_{\text{охл}} = \pi \cdot D \cdot I_{\text{охл}} = 3,14 \cdot 14 \cdot 15,2 \cdot 0,5 = 23,864 \text{ л/с}$$

Расход воды на охлаждение соседнего резервуара:

л/с

Общий расход воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров составит 28,664 л/с.

Необходимое количество автоцистерн для подачи воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров:

$$N_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{охл}}}{q_{\text{АЦ}}} = \frac{28,664}{10} \approx 1 \text{ АЦ}$$

где:  $q_{\text{АЦ}}$  - расход воды, подаваемый насосом одной автоцистерны.

Произведём расчёт личного состава, необходимого для работы по охлаждению и тушению горящего резервуара.

Нами принято три пеногенератора ГПСС-600. Следовательно, для их работы необходимо иметь два пожарных автомобиля на шасси ЗИЛ (Урал). Общая потребность составляет 3 автомобиля на шасси ЗИЛ с расчетами не менее 5 чел на каждом из них.

$$N_{\text{авт}}^{\text{пено}} = N_{\text{авт}}^{\text{пено}} + N_{\text{авт}}^{\text{пено}} = 1 + 2 = 3$$

Для доставки запаса пенообразователя в количестве 2916 кг нужен один грузовой автомобиль.

Количество и виды другой техники принимаются в зависимости от местных условий.

Потребность в личном составе составляет:

- для прокладки рукавных линий к сухотрубам пеногенераторов и колец орошения - 10 чел. (на каждый трубопровод по 2 человека);
- для подвоза пенообразователя - 5 чел. (водитель и четыре рядовых для погрузки и выгрузки бочек).

Общая численность личного состава, занятого на тушении пожара, составит 19 человек (18 человек - личный состав боевых расчетов пожарных автомобилей и водитель автомобиля с запасом пенообразователя).

#### Расчет сил и средств для подслоного способа тушения

Пожарная защита резервуара РВС-2000 осуществляется стационарной системой пожаротушения, которая включает в себя стационарные высоконапорные пеногенераторы ВПГ-10, расположенные в нижнем поясе резервуара, сухие трубопроводы для подачи раствора пенообразователя к пеногенераторам, выведенные за обвалование. Ввод пены осуществляется непосредственно в нижний пояс резервуара по трубопроводу.

Для реализации подслоного способа пожаротушения применяется пенообразователь "Подслоный".

Требуемый расход раствора пенообразователя на тушение горящего резервуара равен:

$$Q_{\text{т/р/е/б/л}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot I_{\text{т/р/л}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 15,2^2 \cdot 0,105}{4} = 9,107 \text{ л/с}$$

Необходимое количество ВПГ - 10, на тушение горящего резервуара:  
ВПГ

Общий расход воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров составит 28,664 л/с

Определим необходимое количество автоцистерн для подачи воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров:

Нами принят один пеногенератор ВПГ-10. Следовательно, для его работы необходимо иметь один пожарный автомобиль на шасси ЗИЛ (Урал). Общая потребность составляет 2 автомобиля на шасси ЗИЛ (Урал) с расчетами не менее 5 чел на каждом из них.

Для доставки запаса пенообразователя в количестве 1080 л нужен один грузовой автомобиль.

Количество и виды другой техники принимаются в зависимости от местных условий.

Потребность в личном составе составляет:

- для прокладки рукавных линий к сухотрубам пеногенератора и колец орошения – 6 чел. (на каждый трубопровод по 2 человека);
- для подвоза пенообразователя – 5 чел (водитель и четыре рядовых для погрузки и выгрузки бочек).

Общая численность личного состава, занятого на тушении пожара, составит 11 человек (10 человек – личный состав боевых расчетов пожарных автомобилей и водитель автомобиля с запасом пенообразователя).

## Расчет сил и средств для тушения жидким азотом поверхностным способом

Пожарная защита резервуара РВС-2000 осуществляется стационарной системой пожаротушения, которая включает в себя стационарные стволы компактной струи расположенные в верхнем поясе резервуара, “сухие” трубопроводы для подачи жидкого азота к стволам, выведенные за обвалование. Подача жидкого азота осуществляется по трубопроводу.

Анализ экспериментальных данных дает возможность определить нормы расхода жидкого азота для тушения пожаров таких горючих жидкостей, как бензин, дизельное топливо и др. При любом способе подачи они составляют 3-7 л/м<sup>2</sup> (2,5-5,5 кг/м<sup>2</sup>). Критическая интенсивность подачи жидкого азота при тушении горючих жидкостей составляет 0,3-0,4 кг/(м<sup>2</sup>·с).

Для реализации поверхностного способа пожаротушения жидким азотом используем автомобиль АГТ-4000(133Г42) (ТТХ автомобиля приведены в главе 2).

Исходя из геометрических параметров резервуара и тактико-технических характеристик используемой пожарной техники определим, что для обеспечения требуемого расхода жидкого азота на тушение горящего резервуара целесообразно использовать три автомобиля АГТ-4000(133Г42), что гарантирует создание трехкратного запаса огнетушащего вещества (аналогично пенному тушению) и сокращение продолжительности боевых действий противопожарных подразделений.

Общий расход воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров составит 28,664 л/с.

Необходимое количество автоцистерн для подачи воды на охлаждение горящего и соседнего негорящего резервуаров:

АЦ



Общая численность личного состава, занятого на тушении пожара, составит 14 человек (личный состав боевых расчетов пожарных автомобилей).

#### 4. Охрана труда

##### 4.1. Требования правил охраны труда и техники безопасности.

При тушении пожара необходимо обеспечить выполнение требований приказа №1100н Министерства труда и социального развития РФ "Правила по охране труда в подразделениях Государственной противопожарной службы МЧС Российской Федерации".

Перед началом боевого развертывания руководитель тушения пожара (РТП) обязан :

- выбрать и указать личному составу наиболее безопасные и кратчайшие пути прокладки рукавных линий, переноса оборудования и инвентаря;

- установить автомобили, оборудование и расположить личный состав на безопасном расстоянии с учетом возможной расстановке прибывающих сил и средств. Избегать установки техники с подветренной стороны;

- установить единые сигналы для быстрого оповещения людей об опасности и известить о них весь личный состав, работающий на пожаре (аварии) и определить пути отходов в безопасное место. Сигнал на эвакуацию личного состава при возникновении угрозы разрушения резервуара, вскипания или выброса горючей жидкости из резервуара следует подавать с помощью сирены от пожарного автомобиля по приказу РТП или оперативного штаба тушения пожара. Сигнал на эвакуацию личного состава должен принципиально отличаться от всех других сигналов на пожаре;

- в целях обеспечения безопасности личного состава и техники при угрозе выброса устанавливать пожарные машины (за исключением техники,

используемой для подачи огнетушащих веществ) с наветренной стороны не ближе 100 метров от горящего резервуара.

- в процессе подготовки к тушению пожара назначить наблюдателей за поведением горящего и соседних с ним резервуаров;

При проведении боевого развертывания запрещается:

- начинать его проведение до полной остановки пожарного автомобиля;

- одевать на себя лямку присоединенного к рукавной линии пожарного ствола при подъеме на высоту;

- переносить инструмент, обращенный рабочими поверхностями (режущими, колющими) по ходу движения;

- поднимать на высоту рукавную линию, заполненную водой;

- подавать воду в рукавные линии до выхода ствольщиков на исходные позиции.

Не допускается пребывание личного состава:

- непосредственно незадействованного в тушении пожара в зоне возможного поражения при выбросе и вскипании;

- на кровлях аварийных или соседних резервуаров, если это не связано с крайней необходимостью;

- на покрытии горящего железобетонного резервуара [18].

Личный состав пожарной охраны, обеспечивающий подачу огнетушащих веществ на тушение и охлаждение резервуаров, должен работать в теплоотражательных костюмах, а при необходимости под прикрытием распыленных водяных струй.

Подъем личного состава на крыши соседних с горящим наземных резервуаров и покрытия железобетонных заглубленных резервуаров не допускается. В исключительных случаях с разрешения оперативного штаба допускается пребывание на крышах резервуаров лиц, специально проинструктированных для выполнения работ по защите дыхательной и другой арматуры от теплового излучения.

При выполнении работ в зонах с повышенной тепловой радиацией необходимо предусмотреть своевременную замену личного состава.

При возникновении опасности образования загазованных зон необходимо:

- контролировать зоны загазованности;
- ограничить доступ людей и запретить работу техники в предполагаемой зоне загазованности;

## 5. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

### 5.1 Экологические аспекты деятельности объектов нефтегазопромыслов.

Организации всех видов все больше стремятся к достижению и демонстрации высокой экологической результативности, контролируя воздействия на окружающую среду своей деятельности, продукции или услуг в соответствии с экологической политикой и целями предприятия. Они делают это в условиях усиления строгости экологического законодательства, разрабатывая экономическую политику и другие меры, способствующие защите окружающей среды, в условиях роста внимания всех заинтересованных сторон к решению экологических проблем и обеспечению устойчивого развития.

Многие организации провели экологические "анализы" или "аудиты" для оценки своей экологической результативности. Из практической деятельности следует, что сами по себе такие "анализы" и "аудиты" могут быть недостаточными для того, чтобы придать организации уверенность не только в том, что нужная результативность достигнута, но что она и впредь будет отвечать требованиям экологического законодательства и собственной экологической политики. Чтобы быть результативными, такие "анализы" и "аудиты" должны проводиться в рамках структурированной системы менеджмента, интегрированной в пределах организации, в том числе организации нефтегазового промысла.

Международные стандарты по экологическому менеджменту дают возможность организациям с элементами эффективной системы экологического менеджмента, которая может учитывать другие требования менеджмента, достичь определенных экологических и экономических целей [37]. Эти стандарты, подобно другим международным стандартам, не предполагается использовать для создания нетарифных барьеров в торговле или для увеличения или изменения обязательств организации, налагаемых на нее законом.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» [37] установлены требования к системе экологического менеджмента, позволяющие организации разработать и внедрить экологическую политику и цели, учитывающие законодательные требования и информацию о значимых экологических аспектах. Он предназначен для применения организациями всех видов и размеров с учетом различия географических, культурных и социальных условий.

Успех системы зависит от обязательств, принимаемых на всех функциональных уровнях организации, особенно на уровне высшего руководства. Система такого вида позволяет организации сформулировать экологическую политику, установить цели и процессы для реализации экологической политики, предпринимать действия, необходимые для повышения экологической результативности и демонстрировать соответствие системы требованиям указанного стандарта. Следует отметить, что многие из требований стандарта организация может выполнять одновременно или пересматривать их выполнение в любой момент.

Внедрение системы экологического менеджмента позволяет организации ориентироваться на будущий результат, разработать последовательность действий. Модель системы экологического менеджмента состоит из следующих компонентов: экологическая политика, планирование, внедрение и функционирование, контроль, анализ со стороны руководства. Данные этапы должны быть направлены на постоянное улучшение.

Результатом внедрения системы экологического менеджмента в целом должно стать улучшение экологической результативности.

Степень, масштабы и временные рамки процесса постоянного улучшения определяются организацией с учетом экономических и других обстоятельств. Результатом совершенствования системы экологического менеджмента является дальнейшее улучшение экологической результативности.

Под экологической результативностью понимаются следующие действия:

- формулирование соответствующей экологической политики;
- идентификация экологических аспектов, обусловленных прошлой, настоящей или планируемой деятельностью, продукцией или услугами, с последующим определением значимости воздействий на окружающую среду;
- идентификация применимых законодательных и других требований, которые организация обязалась выполнять;
- идентификация приоритетов и установка соответствующих экологических целей и задач;
- разработка структуры и программы реализации политики, достижения целей и выполнения задач;
- способы деятельности по планированию, управлению, мониторингу, предупреждающим и корректирующим действиям, аудиту и анализу для придания уверенности в том, что вся эта деятельность согласуется с политикой организации и что система экологического менеджмента соответствует установленным требованиям;
- способность к адаптации к изменяющимся обстоятельствам.

Организации следует определить и документировать область применения системы экологического менеджмента. Это необходимо для уточнения границ, в пределах которых в организации будет действовать система экологического менеджмента, особенно если организация является частью более крупной организации, расположенной в том же месте. После того, как область применения системы экологического менеджмента будет определена, все виды деятельности, продукции и услуг, входящих в эту область, следует считать включенными в систему экологического менеджмента.

При определении области применения следует иметь в виду, что доверие к системе будет зависеть от выбора границ, в пределах которых она

будет действовать. Если из области применения системы экологического менеджмента будет исключена какая-либо часть организации, то организации следует обосновать, почему это сделано. Если стандарт ГОСТ Р ИСО 14001-2007 внедрен в конкретном подразделении (функциональной части), то в целях выполнения требований настоящего стандарта можно использовать политику и процедуры, установленные для других частей организации при условии, что они применимы для этого подразделения (функциональной части) [37].

Экологическая политика является движущей силой, обеспечивающей внедрение и совершенствование системы экологического менеджмента организации. Таким образом, она будет поддерживать и улучшать экологическую результативность. Поэтому политика организации должна отражать обязательства высшего руководства действовать в соответствии с применимыми требованиями экологического законодательства и другими требованиями, принципами предотвращения загрязнения и постоянного улучшения. Экологическая политика образует базу, на основе которой организация устанавливает свои цели и задачи. Экологической политике следует быть достаточно ясной для ее понимания, как персоналом, так и внешними заинтересованными сторонами. Политику следует периодически анализировать и пересматривать для отражения в ней изменившихся условий и появившейся информации. Область ее применения должна быть легко идентифицируемой и должна отражать уникальный характер деятельности, масштаб и воздействия на окружающую среду деятельности, продукции и услуг организации, входящих в установленную область применения системы экологического менеджмента.

Политику следует довести до сведения всех лиц, работающих для организации или по ее поручению, включая субподрядчиков, работающих на объектах организации. Субподрядчикам информация может передаваться в формах, отличающихся от заявления экологической политики, например, в виде правил, указаний, процедур, которые могут включать в себя только

имеющие отношение к делу отдельные положения политики. Если организация является частью корпорации, то высшему руководству организации следует документально оформить экологическую политику в контексте экологической политики корпорации и согласовать ее с руководством корпорации.

Для улучшения процесса идентификации организацией экологических аспектов и определения тех из них, которые являются значимыми и, соответственно, приоритетными в системе экологического менеджмента организации, организации следует идентифицировать экологические аспекты в рамках области применения системы экологического менеджмента, учитывая "входы" и "выходы" (как предполагаемые, так и не предполагавшиеся), связанные с ее текущей или прошлой деятельностью, продукцией и услугами, с планируемыми или новыми разработками, новыми или модифицированными видами деятельности, продукцией или услугами. В процесс идентификации следует включать как нормальные, так и аномальные условия функционирования, пуска и останова, так же как и возможные, при разумном предположении, нештатные (аварийные) ситуации.

Организация не должна рассматривать каждый продукт, компонент или сырьевой материал в отдельности. Она может выбрать виды деятельности, продукции и услуг для идентификации ее экологических аспектов.

Так как единого подхода к идентификации экологических аспектов не существует, при выбранном подходе могут быть рассмотрены, например, следующие факторы:

- выбросы в атмосферу;
- сбросы в воду;
- сбросы на рельеф и размещение отходов;
- использование сырьевых материалов и природных ресурсов;
- использование энергии;
- потери энергии, например, в виде тепла, радиации, вибраций;
- отходы и побочные продукты;



- физические характеристики, например, размеры, форма, цвет, внешний вид.

В дополнение к тем экологическим аспектам, которые организация может контролировать непосредственно, следует также рассмотреть аспекты, на которые она может влиять, например, аспекты, связанные с продукцией и услугами, используемыми организацией, и той продукцией и услугами, которые организация предоставляет. При любых обстоятельствах именно организация определяет степень управления, а также аспекты, на которые она может влиять.

Следует рассмотреть аспекты, относящиеся к деятельности организации, продукции и услугам, такие как:

- проектирование и разработка;
- процессы изготовления;
- упаковка и транспортирование;
- экологическая результативность и практика работы субподрядчиков и поставщиков;
- управление отходами;
- извлечение (получение) и распределение сырьевых материалов и использование природных ресурсов;
- распределение, использование и утилизация продукции, срок службы которой закончился;
- дикая природа и биоразнообразие.

Управление и влияние на экологические аспекты продукции, поставляемой организацией, могут значительно меняться в зависимости от ситуации на рынке, с которой сталкивается организация, и ее поставщиков. Организация, которая отвечает за проектирование своей продукции, может воздействовать на такие аспекты в значительной степени, например, заменив отдельный исходный материал, однако, если организация должна поставлять продукцию в соответствии с техническими условиями, заданными извне, такие возможности весьма ограничены.

В отношении продукции, изготавливаемой организацией, установлено, что организация может иметь ограниченный контроль над использованием и утилизацией своей продукции, например, пользователями, но она может, если это целесообразно, рассмотреть возможность сообщения пользователям о соответствующих механизмах обращения и утилизации продукции для повышения степени влияния на экологические аспекты.

Изменения в окружающей среде отрицательного или положительного характера, полностью или частично связанные с экологическими аспектами, называют воздействиями на окружающую среду. Связь между экологическими аспектами и воздействиями является причинно-следственной.

Поскольку организация может иметь множество экологических аспектов и связанных с ними воздействий, она должна определить критерии и методы определения значимых из них. Единого подхода к определению значимых экологических аспектов не существует. Однако используемый метод должен приносить согласующиеся результаты и предусматривать разработку и применение критериев оценки, например, учитывающих взаимодействие с окружающей средой, вопросы законодательства, а также интересы внутренних и внешних заинтересованных сторон.

При подготовке информации, относящейся к значимым экологическим аспектам, организации следует определить необходимость сохранения этой информации, характеризующей как историю вопроса, так и способ использования этой информации при проектировании и внедрении системы экологического менеджмента.

В процессе идентификации и оценки экологических аспектов организации следует учитывать особенности территории, на которой осуществляется деятельность, затраты и время, требуемые для выполнения анализа, а также доступность надежных данных. Идентификация экологических аспектов не требует детальной оценки жизненного цикла

продукции. Поэтому может быть использована уже имеющаяся информация, разработанная для исполнительных органов власти или иных целей.

Процесс идентификации и оценки экологических аспектов не предназначен для изменения или усиления правовых обязательств организации.

## 6. Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

### 6.1. Анализ возможных аварийных ситуаций или отказов на данном объекте.

Прогноз развития пожара.

Возникновение пожара.

Технологический процесс, осуществляемый на установке, связан с рядом опасных факторов: давление, большие объемы углеводородного сырья, наличие динамического оборудования, высокое напряжение и т.д. и т.п.

Углеводородные газы в смеси с атмосферным воздухом способны образовывать взрывоопасные смеси, которые при наличии огня или искры могут взорваться, вызвав разрушение производственных зданий, оборудования и пожары.

Наиболее вероятными местами возникновения пожара являются:

- резервуар, на внутренней поверхности которого возможно самовозгорание пирофорных отложений;
- нефтеналивная эстакада;

Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается со взрыва паровоздушной смеси. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву ( реже к срыву ) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей жидкости. При этом, даже в начальной стадии, горение нефти в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1 – 2 диаметра горящего резервуара. Отклонение факела от вертикальной оси при скорости ветра около 4 м/с составляет 60 – 70 градусов.

Факельное горение может возникнуть на дыхательной арматуре, местах соединения пенных камер со стенками резервуаров, других отверстиях или в трещинах крыши или стенке резервуара при концентрации

паров нефти в резервуаре выше верхнего концентрационного предела распространения пламени (ВКПП). Если при факельном горении наблюдается черный дым и красное пламя, то это свидетельствует о высокой концентрации паров горючего в объеме резервуара, и опасность взрыва незначительная. Сине–зеленое факельное горение без дымообразования свидетельствуют о том, что концентрация паров продукта в резервуаре близка к области воспламенения, и существует реальная опасность взрыва.

Условиями для возникновения пожара в обваловании резервуара являются: перелив нефти, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтью теплоизоляции на трубопроводах и резервуаре.

Развитие пожара.

Дальнейшее развитие пожара зависит от места его возникновения, размеров начального очага горения, устойчивости конструкций резервуара, климатических и метеорологических условий, оперативности действий персонала объекта, работы систем противопожарной защиты, времени прибытия пожарных подразделений.

В качестве основных путей распространения пожара могут быть:

- вскипание и выброс нефти;
- дыхательная арматура;
- горючие парогазовые смеси, образующиеся при загазованности территории;
- нагрев стенок соседних резервуаров в результате мощных конвективных потоков воздуха от горящего резервуара.

Дополнительная причина успешного распространения пожара – нарушение целостности крыши резервуара, в результате коррозии.

Одним из наиболее важных параметров, характеризующих развитие пожара в резервуаре, является его тепловой режим. При горении нефти

образуется прогретый до температуры кипения гомотермический слой, увеличивающийся с течением времени.

Линейные скорости выгорания и прогрева нефти во многом зависят от скорости ветра, обводненности продукта, характера обрушения крыши, организации охлаждения стенок резервуара.

С увеличением скорости ветра до 8 – 10 м/с скорость выгорания горючей жидкости возрастает на 30 – 50 %. Сырая нефть содержащая эмульсионную воду, могут выгорать с большой скоростью, чем указано в справочных материалах.

Накопление тепловой энергии в горючем оказывает значительное влияние на увеличение расходов пенных средств. Кроме того, увеличение времени свободного развития пожара повышает опасность его распространения на соседние резервуары,

способствует образованию факторов, усложняющих тушение, создает угрозу вскипания, выброса.

При пожаре в резервуаре возможно образование «карманов», которые значительно усложняют процесс тушения. «Карманы» могут иметь различную форму и площадь и образуются, как на стадии возникновения в результате частичного обрушения крыши, так и в процессе развития пожара при деформации стенок.

Устойчивость горящего резервуара зависит от организации действий по его охлаждению.

При отсутствии охлаждения горящего резервуара в течение 5 – 15 минут стена резервуара деформируется до уровня разлива горючей жидкости.

Горение нефти в резервуарах может сопровождаться вскипанием и выбросами. Вскипание горючей жидкости происходит из-за наличия в ней взвешенной воды, которая при прогреве горячей жидкости выше 100 0С испаряется, вызывая вспенивание нефти. Вскипание может произойти примерно через 60 минут горения при содержании влаги в нефти более

0,3%. Вскипание также может произойти в начальный период пенной атаки при подаче пены на поверхность горючей жидкости с температурой кипения выше 100 °С. Этот процесс характеризуется бурным горением вспенившейся массы продукта.

При горении жидкости на верхнем уровне разлива возможен перелив вспенившейся массы через борт резервуара, что создает угрозу людям, увеличивает опасность деформации стенок горящего резервуара и перехода на соседние резервуары и сооружения.

Выброс нефти из горящего резервуара происходит при достижении поверхности слоя донной (подтоварной) воды гомотермическим (прогретым) слоем горючей жидкости. Этот слой, соприкасаясь с водой, нагревает ее до температуры значительно большей, чем температура кипения. При этом происходит бурное вскипание воды с выделением большого количества пара, который выбрасывает находящуюся над слоем воды горящую жидкость за пределы резервуара.

Обычно выбросу предшествуют внешние признаки – усиление горения, изменение цвета пламени, усиление шума при горении, могут также наблюдаться отдельные потрескивания (хлопки), вибрация верхних поясов стенки резервуара. Как правило, выброс носит пульсирующий характер, причем интенсивность его, т. е. увеличение высоты и объема факела пламени, нарастает в самом процессе выброса. Толщина донной (подтоварной) воды, как правило, на мощность выброса влияния не оказывает.

Развитие пожара в обваловании характеризуется скоростью распространения пламени по разлитому нефтепродукту которая составляет для жидкости имеющей температуру ниже температуры вспышки – 0,05 м/с, а при температуре жидкости выше температуры вспышки – более 0,5 м/с. После 10-15 мин. Воздействия пламени происходит потеря несущей способности маршевых лестниц, выход из строя узлов управления коренными задвижками и хлопушами, разгерметизация фланцевых

соединений нарушение целостности конструкции резервуара, возможен взрыв в резервуаре.

Основными параметрами пожаров в резервуарах являются:

Площадь пожара, высота факела пламени, плотность теплового потока, скорость выгорания, скорость прогрева жидкости.

Таблица 6.1

№ п / п	Наименование горючей жидкости	Скорость выгорания (м/ч)	Скорость прогрева ( м/ч)
1.	НЕФТЬ	0,15	0,4

Основными явлениями, сопровождающими пожар в резервуарах, являются вскипание и выброс горючей жидкости и за счет увеличения площади горения, где температура пламени колеблется от 1000 до 1300 градусов создается мощное тепловое излучение для личного состава.

Минимальные безопасные расстояния в м и мин. нахождения людей в зоне тепловой радиации приведены в таблице.

Таблица 6.2 «Плотность теплового потока при горении разлитого нефтепродукта»

Площадь горения кв.м	Плотность теплового потока кВт/м, на расстоянии от пламени ( м )				
	2	5	10	15	20
1	3,8	-----	-----	----	-----
2	7,0	4,2	-----	----	-----
3	11,1	7,0	4,2	----	-----
5	14,0	8,1	4,9	2,1	-----
7	16,5	9,2	5,5	2,3	-----
10	18,0	10,5	6,3	3,1	-----
15	20,5	15,6	8,1	3,9	-----
20	30,0	24,0	11,1	5,6	2,4
50	45,0	30,0	11,5	5,8	2,5
100	75,0	40,0	12,5	6,0	2,8
150	82,0	45,0	14,0	8,0	4,2



6.2.Разработка планов локализации и ликвидации аварий (ПЛА) на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах

Организация тушения пожара обслуживающим персоналом УПН «Лянторская» до прибытия пожарных подразделений.

Основные обязанности и порядок действия обслуживающего персонала.

При возникновении пожара на установке дежурный персонал обязан:

- предупредить окриком о пожаре;
- сообщить в пожарную охрану и оператору пульта управления ЦДГН;
- отключить электроэнергию;
- сообщить оператору бригады об остановке всех скважин участка;
- закрыть сбросовые задвижки № 82 ( 112а ), 86,108
- по возможности откачать нефть из резервуара:
- перекрыть всю запорную арматуру между аппаратами;
- сообщить оператору водозабора о направлении всего потока воды с водонасосной только на Лянторскую УПН;
- при наличии пострадавших вызвать скорую помощь;
- включить систему орошения РВС № 9. Приступить к ликвидации пожара первичными и передвижными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара на пункте налива нефти дежурный персонал обязан:

- предупредить окриком о пожаре;
- сообщить в пожарную охрану и оператору пульта управления ЦДГН;
- закрыть задвижки №№ 180, 107;
- при наличии пострадавших вызвать скорую помощь;
- приступить к тушению пожара первичными и передвижными средствами пожаротушения.

### 6.3 Рассредоточение и эвакуация из зон ЧС

Организация аварийно – спасательных работ и распределение обязанностей между ответственными лицами, участвующими в ликвидации ЧС (пожара) и порядок их действий.

Ответственным исполнителем работ по ликвидации ЧС (пожара) является руководитель пожаротушения (РТП) из числа руководящих работников

пожарной охраны. Вмешиваться в действия РТП по ликвидации пожара категорически воспрещается.

При явно неправильных действиях РТП по ликвидации пожара вышестоящий начальник имеет право отстранить его и принять на себя руководство ликвидацией пожара или назначить для этого другое ответственное лицо.

Лица, вызванные для спасания людей и ликвидации пожара, сообщают о своем прибытии РТП и, по его указанию, приступают к исполнению своих обязанностей.

Руководитель пожаротушения (РТП) по тушению пожара обязан:

1. Ознакомившись с обстоятельствами немедленно приступить к выполнению мероприятий, предусмотренных планом тушения пожара и оперативной частью плана ликвидации аварий (пожара) и руководить работами по спасанию людей и тушением пожара.
2. Выявить число застигнутых аварией (пожаром) людей и их местонахождение.
3. Удалить людей из зоны пожара и возможной загазованности.
4. Организовать штаб пожаротушения, сообщить о месте его расположения всем участникам тушения пожара, постоянно находиться на нем.
5. Проверить, вызваны ли дополнительно подразделения пожарной охраны, должностные лица и оповещены вышестоящие органы.
6. Контролировать выполнение мероприятий согласно плана пожаротушения и своих распоряжений и заданий.

7. Принимать информацию о ходе спасательных работ и проверять действия ответственных лиц по спасанию людей и тушению пожара.
8. Давать соответствующие распоряжения руководителям взаимосвязанных по коммуникациям и соседних производств, цехов, участков.
9. Докладывать постоянно об обстановке на пожаре вышестоящим должностным лицам до их прибытия.

Руководитель цеха (участка) обязан:

1. При получении информации о пожаре, немедленно выезжает на место.
2. Докладывает о своем прибытии руководителю тушением пожара (РТП).
3. Согласно с оперативной частью плана ликвидации аварии (пожара) принимает необходимые меры по привлечению опытных рабочих и ИТР для выполнения необходимых работ, связанных с аварией.
4. Руководит работой транспорта.
5. В соответствии с запросом РТП обеспечивает доставку материалов (ПО) и инструментов к месту пожара.
6. Информировует соответствующие организации (руководство) о характере аварии (пожаре) и ходе технических работ.

Примечание: вход в загазованный участок разрешает только руководитель тушением пожара (РТП).

Мастер установки обязан:

1. Организует бригаду из слесарей – ремонтников, операторов и других обученных специалистов для работ в газозащитной аппаратуре и руководит их работой.
2. По указанию РТП уточняет состояние технологического процесса с целью предупреждения возможных дальнейших осложнений и создания необходимых условий для успешного тушения пожара.

3. В зависимости от обстановки обеспечивает сохранение нормального технологического процесса, либо переводит его в режим удобной и быстрой остановки, либо прекращает его.

Организация проведения спасательных работ:

При возникновении пожара, обслуживающий персонал, не занятый тушением пожара и выполнением иных необходимых работ самостоятельно выходит из зоны воздействия опасных факторов пожара и в дальнейшем эвакуируется транспортом ЦПГН № 4

Островки безопасности определяются с учетом конкретных метеоусловий, т.е. с наветренной стороны аварийного объекта:

Способы оповещения персонала об аварии: голосом и по телефону;

Пути выхода из опасных мест намечаются ответственным лицом в зависимости от характера объекта и аварии;

При определении путей к выходу в каждом случае следует предусматривать возможность и необходимость пользования индивидуально закрепленными газозащитными средствами и средствами из аварийных шкафов.

#### 6.4.Использование средств индивидуальной защиты в случае угрозы или возникновения аварийной или чрезвычайной ситуации.

Таблица 6.3 «Требуемая защита и допустимое время пребывания людей в зоне тепловой радиации»

Плотность тепло-вого потока (кВт/м <sup>2</sup> )	Допустимое время пребывания людей (мин.)	Требуемая защита людей	Степень теплового воздействия на кожу человека
3.0	Не ограничивается	Без защиты	Болевые ощущения отсутствуют
4,2	Не ограничивается	В боевой одежде и в касках с защитных стеклом	Не переносимые болевые ощущения возникающие через 20 сек.

7,0	5	В боевой одежде и в касках с защитным стеклом	Не переносимые болевые ощущения возникающие мгновенно
8,5	5	В боевой одежде, смоченной водой и в касках с защитным стеклом	Ожоги через 20 сек.
10,5	5	В боевой одежде смоченной водой и в касках с защит – ным стеклом. Под защитой распылен – ных струй воды или водяных завес.	Мгновенные ожоги
14,0	5	В теплоотражатель ных костюмах под защитой водяных струй или завес.	Мгновенные ожоги
85,0	1	В теплоотражате – льных костюмах под защитой вода – ных струй или завес со средствами индивидуальной защиты.	Мгновенные ожоги

Как вывод можно отметить, что вскипание и выброс на пожаре в резервуаре, тепловая радиация представляют серьезную опасность для личного состава и техники, увеличивают размеры пожара, и изменяют

характер горения, вызывают необходимость перегруппировки сил и средств, введение резерва, изменение плана тушения и т.п.

Для обеспечения условий успешного тушения пожаров в резервуарах необходимо выполнение следующих мероприятий:

1. Создание запасов на объекте необходимого количества пенообразующих средств.

2. Возможность быстрого сосредоточения необходимого количества сил и средств на пожаре.

3. Совершенствование тактической выучки личного состава пожарной охраны и внедрение передовых технологий по тушению пожаров.

## 7. Экономическая эффективность

### 7.1. Расчет экономической эффективности, технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Сравнительный анализ экономической эффективности рассматриваемых способов тушения.

Для проведения сравнительного анализа экономической эффективности произведем расчет приведенных затрат для каждого из рассмотренных вариантов противопожарной защиты. Приведенные затраты представляют собой эксплуатационные затраты в сфере применения рассматриваемого варианта ППЗ (руб./год), капитальные затраты на проектируемую противопожарную защиту (руб.) и ущерб от пожара (руб.). С учетом принятых допущений, затраты на оборудование резервуаров оросительными кольцами охлаждения, техническое обслуживание и ремонт стационарных систем пожаротушения и пожарной техники, амортизационные отчисления и другие возможные капитальные вложения в противопожарную защиту резервуарного парка сравнению не подлежат, так как для каждого рассматриваемого способа тушения перечисленные затраты равны.

Приведенные затраты на противопожарную защиту резервуарного парка определяются по формуле:

$$Z_i = K_i + T_H \cdot (C_i \cdot Y_{Ci}) \rightarrow \min \quad (3.16)$$

где  $K_i$  – капитальные затраты на проектируемую ППЗ, руб.;

$T_H$  – нормативный срок окупаемости, ( $E_H=0,2$ )  $T_H=5$  лет;

$C_i$  – эксплуатационные затраты в сфере применения  $i$ -го варианта ППЗ, руб./год;

$U_{ci}$  – среднегодовой ущерб от пожара.

Капитальные затраты на проектируемую противопожарную защиту определяются по формуле:

$$K = C_{RP} + C_{PI} \cdot n + Z_M \quad (3.17)$$

где  $C_{RP}$  – стоимость сетей растворопроводов, руб.;

$C_{PI}$  – стоимость резервуарного противопожарного оборудования, руб.;

$Z_M$  – средняя стоимость монтажа системы пожаротушения, руб.;

$n$  – количество единиц противопожарного оборудования, шт.

Стоимость сетей растворопроводов определяется по формуле:

$$C_{RP} = L_{TT} \cdot C_{TT} \quad (3.18)$$

где  $L_{TT}$  – общая протяженность трубопроводов, м;

$C_{TT}$  – стоимость одного метра трубы, руб..

Эксплуатационные затраты в сфере применения  $i$ -го варианта ППЗ определяются по формуле:

$$C_i = \frac{C \cdot W + n \cdot C_T \cdot t_{РАБ}}{T} \quad (3.19)$$

где  $C$  – стоимость тонны пенообразователя (жидкого азота), руб.;

$W$  – общий запас пенообразователя (жидкого азота), т ;



$n$  – количество единиц используемой пожарной техники, шт.;

$\Pi_T$  – средняя стоимость работы пожарной техники на пожаре, руб./час;

$t_{РАБ}$  – время работы техники, час;

$T$  – период эксплуатации объекта, год.

Количество хранимого нефтепродукта определяется по формуле:

$$B = \eta \cdot \rho \cdot S \cdot H \quad (3.20)$$

Прямой ущерб от пожара определяется по формуле:

$$U_{\Pi} = B_y \cdot \Pi + \kappa_{ТП} \cdot (B_{\Pi} \cdot \Pi) \quad (3.21)$$

где  $B_y$  – количество уничтоженного пожаром нефтепродукта, т;

$B_{\Pi}$  – количество поврежденного пожаром нефтепродукта, т;

$\Pi$  – оптовая рыночная стоимость одной тонны

нефтепродукта, руб.;

$\kappa_{ТП}$  - коэффициент, отражающий затраты на технологический процесс очистки нефтепродукта.

Количество уничтоженного пожаром нефтепродукта определяется по формуле:

$$B_y = \tau_{ОБ} \cdot 60 \cdot S_{рез} \cdot V_m \quad (3.22)$$

где  $\tau_{ОБ}$  - время с момента возникновения пожара до его ликвидации, мин.;

$S_{рез}$  – площадь зеркала резервуара, м<sup>2</sup>;

$V_m$  – массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м<sup>2</sup> с).

Количество поврежденного нефтепродукта определяется по формуле:

$$B_{II} = B - B_V \quad (3.23)$$

Среднегодовой ущерб от пожара определяется по формуле:

$$Y_C = (1 - e^{-\lambda t}) \frac{1}{T} \cdot Y_{II} \quad (3.24)$$

где  $\lambda$  - частота возникновения пожаров на объекте =  $1/T = 0,0666$  [10].

По выше приведенным формулам произведем расчет приведенных затрат на противопожарную защиту резервуарного парка рассматриваемыми способами тушения. Данные для расчетов приведены в табл7,1.

Таблица 7.1 «Исходные данные для расчета приведенных затрат на противопожарную защиту резервуарного парка и оценки экономической эффективности рассматриваемых способов тушения резервуаров»

Наименование показателей	Условные обозначения	Ед. изм.	Значения показателей	Источники информации
1	2	3	4	5
<b>Общие показатели</b>				
Высота резервуара	H	м	12	СНиП 2.11-03-93
Периметр резервуара	P	м	72	СНиП 2.11-03-93
Площадь зеркала резервуара	$S_{рез}$	м <sup>2</sup>	181	Расчет
Расстояние от стенки резервуара до обвалования	l	м	6	Расчет
Стоимость 1м трубы 55 мм	ЦТТ	Руб.	70	-
Степень заполнения резервуара	$\eta$		0,8	СНиП 2.11.03-93
Плотность бензина	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	700	Справочник химика
<b>Частные показатели</b>				

Поверхностный способ тушения пеной средней кратности

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5
Общая протяженность трубопроводов	LTT	м	56	Расчет
Стоимость ГПСС-600	СП	Руб.	5235	-
Средняя стоимость монтажа системы пожаротушения	ЗМ	Руб.	5887,5	
Запас пенообразователя	W	т.	2,916	Расчет
Тип (марка) пенообразователя	ПО-6ТС	-	-	-
Стоимость пенообразователя	Ц	руб./т	27900	-
Затраты на эксплуатацию пожарной техники	ЦТ	руб./ч	1400	-
Подслоный способ тушения пеной низкой кратности				
Общая протяженность растворопроводов	LTT	м	6	Расчет
Стоимость ВПГ-10	СП	Руб.	7340	
Средняя стоимость монтажа системы пожаротушения	ЗМ	Руб.	2328	
Запас пенообразователя	W	т	1,080	
Тип (марка) пенообразователя	подслоный	-		
Стоимость пенообразователя	Ц	руб./т	34890	
Затраты на эксплуатацию пожарной техники	ЦТ	руб./ч	1400	
Поверхностный способ тушения жидким азотом				
Общая протяженность трубопроводов	LTT	М	56	Расчет
Стоимость	СП	Руб.	2170	

стационарного ствола				
Продолжение таблицы 7.1				
Средняя стоимость монтажа системы пожаротушения	ЗМ	Руб.	2552	[35, 36]
Запас жидкого азота <sup>1</sup>	W	т	12	
Стоимость жидкого азота <sup>2</sup>	Ц	руб./т	5800	-
Затраты на эксплуатацию пожарной техники <sup>3</sup>	ЦТ	руб./ч	1650	-
Общая стоимость на затраты на противопожарную защиту резервуарного парка	S	Руб.		Расчет

Примечания: 1 – запас жидкого азота принимается по емкости АГТ-4000(133Г42);

2 – за стоимость жидкого азота принимается стоимость полной заправки емкости автомобиля на специализированном предприятии;

3 – затраты на эксплуатацию пожарной техники включают затраты, связанные с работой реконденсатора паров азота при нахождении автомобиля в дежурном режиме.

Количество хранимого нефтепродукта:

$$B = 0,8 \cdot 0,798 \cdot 181 \cdot 12 = 1386,6 \text{ т.}$$

Приведенные затраты на противопожарную защиту резервуарного парка по первому варианту (поверхностный способ тушения пеной средней кратности) составят:

$$3I = 25,5125 + 5(5,61 + 24,26) = 176,8625 \text{ тыс. руб.}$$

$$KI = 3,92 + 5,235 \cdot 3 + 5,8875 = 25,5125 \text{ тыс. руб.}$$

$$CI = (2,916 \cdot 27,9 + 2 \cdot 1,4 \cdot 1) / 15 = 5,61 \text{ тыс. руб.}$$

$$CTT1 = 56 \cdot 70 = 3920 \text{ руб.}$$

$$UC1 = (1 - e^{-0,0666}) 0,0666 \cdot 5692,4 = 24,26 \text{ тыс. руб.}$$

$$УП1 = 36,5 \cdot 8 + 0,5 (1350,1 \cdot 8) = 5692,4 \text{ тыс. руб.}$$

$$ВП = 1386,6 - 36,5 = 1350,1 \text{ т.}$$

$$ВУ = 30 \cdot 60 \cdot 181 \cdot 0,112 = 36489,6 \text{ кг} = 36,5 \text{ т.}$$

$$S1 = 176,8625 + 25,5125 + 5,61 + 24,26 = 232,245 \text{ тыс.руб.}$$

Приведенные затраты на противопожарную защиту резервуарного парка по второму варианту (подслойное тушение пеной низкой кратности) составят:

$$32 = 10,088 + 5 (2,605 + 22,65) = 136,363 \text{ тыс. руб.}$$

$$K2 = 0,42 + 7,34 \cdot 1 + 2,328 = 10,088 \text{ тыс. руб.}$$

$$C2 = (1,08 \cdot 34,89 + 1 \cdot 1,4 \cdot 1) / 15 = 2,605 \text{ тыс. руб.}$$

$$CTT2 = 6 \cdot 70 = 0,42 \text{ тыс. руб.}$$

$$UC2 = (1 - e^{-0,0666}) 0,0666 \cdot 5668,032 = 22,65 \text{ тыс. руб.}$$

$$УП2 = 30,408 \cdot 8 + 0,5 (1356,192 \cdot 8) = 5668,032 \text{ тыс. руб.}$$

$$ВП = 1386,6 - 30,408 = 1356,192 \text{ т.}$$

$$ВУ = 25 \cdot 60 \cdot 181 \cdot 0,112 = 30408 \text{ кг} = 30,408 \text{ т.}$$

$$S2 = 136,363 + 10,088 + 2,605 + 0,42 + 22,65 = 171,706 \text{ тыс.руб.}$$

Приведенные затраты на противопожарную защиту резервуарного парка по третьему варианту (поверхностный способ тушения жидким азотом) составят:

$$33 = 12,982 + 5 (4,97 + 5,028) = 77,822 \text{ тыс. руб.}$$

$$K3 = 3,92 + 2,17 \cdot 3 + 2,552 = 12,982 \text{ тыс. руб.}$$

$$C3 = (12 \cdot 5,8 + 3 \cdot 1,65 \cdot 1) / 15 = 4,97 \text{ тыс. руб.}$$

$$CTT3 = 56 \cdot 70 = 3,92 \text{ тыс. руб.}$$

$$УСЗ = (1 - e^{-0,0666}) 0,0666 \cdot 1258,16 = 5,028 \text{ тыс. руб.}$$

$$УПЗ = 20,6775 \cdot 8 + 0,1 (1365,923 \cdot 8) = 1258,16 \text{ тыс. руб.}$$

$$ВП = 1386,6 - 20,6775 = 1365,923 \text{ т.}$$

$$ВУ = 17 \cdot 60 \cdot 181 \cdot 0,112 = 20677,5 \text{ кг} = 20,6775 \text{ т.}$$

$$S_3 = 77,822 + 12,982 + 4,97 + 3,92 + 5,028 = 110,475 \text{ тыс.руб.}$$

Сопоставив показатели приведенных затрат по сравниваемым вариантам ППЗ не трудно заметить преимущество третьего варианта ППЗ.

Таблица 7.2. «Показатели приведенных затрат на противопожарную защиту резервуарного парка»

Наименование	Общая стоимость на затраты на противопожарную защиту резервуарного парка S тыс.руб.
Тушение пожара пеной средней кратности	232,245
Тушение пожара пеной низкой кратности	171,706
Тушение пожара жидким азотом	110,475

Сравнительный анализ экономической эффективности применения жидкого азота по отношению к традиционным огнетушащим веществам указывает на ряд преимуществ с экономической точки зрения.

## Заключение

Подводя общие итоги по работе, хотелось бы отметить актуальность выбранной установки. Можно отметить, что средство пожаротушения при помощи жидкого азота является перспективным и при завершении комплекса научных и практических проработок могут найти применение для борьбы с пожарами на объектах различного назначения.

Сравнительный анализ экономической эффективности применения жидкого азота по отношению к традиционным огнетушащим веществам указывает на ряд преимуществ с экономической точки зрения, а именно общая стоимость затрат на противопожарную защиту резервуарного парка с помощью жидкого азота меньше и составляют 110,475 тыс.руб. по сравнению с механической пеной, затраты на применение которой составляют 232,245 тыс.руб.. Однако, каждый отдельно взятый на рассмотрение и анализ пожар нефтепродукта на резервуаре требует более углубленного изучения.

## Список использованных источников

1. Мельников Е.Я. Справочник азотчика. М.: Химия, 1987. – 462 с.
2. Иваненко С.В., Мельников Е.Я. Технология связанного азота. М.: Высшая школа, 1981. – 303 с.
3. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО Спецтехника, 1999. – 414 с.
4. НПБ 88-01. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
5. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. М.: ЗАО Спецтехника, 2000. – 188 с.
6. Кошмаров Ю.А. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. – 217 с.
7. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
8. Демидов П.Г. Горение и свойства горючих веществ. М.: Химия, 1981. – 278 с.
9. Михайлов Н.В. Военная экология. М.: Русь-СВ, 2000. – 360 с.
10. Аболенцев Ю.И. Экономика противопожарной защиты. М.: ВИПТШ, 1985. – 216 с.
11. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 416 с.
12. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. ч.1,2. М.: Химия, 1990. – 400 с.
13. Кушниренко К.Ф. Краткий справочник по горючему. М.: Воениздат, 1989. – 304 с.
14. Волков О.М., Проскуряков Г.А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. М.: Нера, 1981. – 260 с.
15. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия. Справочник. М.: ЗАО Спецтехника, 1999. – 431 с.



16. Карпеев Ю.С. Пожарная безопасность и производственная санитария в нефтегазодобывающих и газоперерабатывающих производствах. М.: Недра, 1990. – 464 с.
17. Абдурагимов И.М. Процессы горения. М.:ВИПТШ, 1984. – 383 с.
18. Исаева Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф. М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000. – 301 с.
19. Абдурагимов И.М. Критериальное выражение условий, необходимых и достаточных для прекращения процесса диффузионного горения газообразных, жидких и твердых углеводородных горючих. Докл. на VI Всесоюзном симпозиуме по горению и взрыву АН СССР. Алма-Ата.: КазГУ, 1980. – 15 с.
20. Абдурагимов И.М., Макаров Е.В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. М.: ВИПТШ МВД РФ, 1988. – 255 с.
21. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Энергоиздат, 1963. – 215 с.
22. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. – 422 с.
23. Инструкция по определению экономической эффективности внедрения научных разработок в области противопожарной защиты. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1973. – 35 с.
24. Исаева Л.К. Экологические последствия пожаров. Организация тушения пожаров и аварийно-спасательных работ. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1990. – 200 с.
25. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М., 2000
26. Указания по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах на базах и складах горючего Министерства обороны СССР (УТП-72). М.: Воениздат, 1972. – 64 с.
27. Шароварников А.Ф., Грашичев Н.К., Воевода С.С. Тушение пожаров легковоспламеняющихся жидкостей. Методологические проблемы

обеспечения пожарной безопасности. Сборник научных трудов. М.: ВНИИПО МВД РФ, 1991. – 216 с.

28. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П. Подслоное тушение. Пожарное дело. 1995 – № 1.

29. Шароварников А.Ф., Теплов Г.С. Анализ основных соотношений в теории тушения пожаров пенами. Пожарная техника и тушение пожаров. Сборник научных трудов. М.: ВНИИПО МВД РФ, 1990. – 148 с.

30. Микеев А.К. Пожар. Социальные, экономические, экологические проблемы. М.: Пожнаука, 1994. – 198 с.

31. СНиП 2.11.03 – 93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.

32. Доклад начальника Тыла Вооруженных Сил Российской Федерации- заместителя Министра обороны Российской Федерации «Итоги работы органов военного управления по обеспечению пожарной безопасности объектов Вооруженных Сил Российской Федерации в 2003 году».

33. ЕНиР Сборник 22. Сварочные работы. М.: Стройиздат, 1979. – 208 с.

34. ЕНиР Сборник Е – 4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1987. – 64 с.

35. Крупные пожары: предупреждение и тушение. Материалы XVI научно-практической конференции. М.: ФГУ ВНИИПО МВД РФ, 2001. - 346 с.

36. Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. Материалы XV научно-практической конференции. М.: ФГУ ВНИИПО МВД РФ, 2000. - 298 с.

37. «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» ГОСТ Р ИСО 14001-2007

**Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки. Азот газообразный и жидкий. Технические условия.**

**(ИСО 2435-73); Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки. Пожарная техника. Огнетушители, установки пожаротушения и пожарной сигнализации. Обозначения условные графические; Ошибка!**

**Недопустимый объект гиперссылки. ССБТ. Оборудование**

производственное. Общие требования безопасности; **Ошибка!**

**Недопустимый объект гиперссылки.** ССБТ. Пожарная безопасность.

Термины и определения;

**Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.;** ССБТ.

Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление;

**Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.** ССБТ.

Взрывобезопасность. Общие требования; **Ошибка!** **Недопустимый**

**объект гиперссылки.** ССБТ. Организация обучения безопасности

труда. Общие положения; **Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.**

Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие

технические требования. Методы испытаний; **Ошибка!**

**Недопустимый объект гиперссылки.** Ограждения резервуаров.

Требования пожарной безопасности; **Ошибка!** **Недопустимый объект**

**гиперссылки.** Техника пожарная. Установки пенного

пожаротушения. Генераторы пены низкой кратности для

подслойного тушения резервуаров. Общие технические

требования. Методы испытаний; **Ошибка!** **Недопустимый объект**

**гиперссылки.** Установки пожаротушения автоматические.

Огнетушащие вещества. Часть 1. Пенообразователи для

тушения пожаров водорастворимых горючих жидкостей подачей

сверху. Общие технические требования и методы испытаний;

**Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.** становки пожаротушения

автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2.

Пенообразователи для подслойного тушения пожаров нефти и

нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования

и методы испытаний; **Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.**

Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного.

Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка!**

**Недопустимый объект гиперссылки.** Установки водяного и пенного

пожаротушения автоматические. Муфты трубопроводные

разъемные. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Узлы управления. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Системы тревожной сигнализации. Часть 1. Общие требования. Раздел 1. Общие положения; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования; **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения. **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** Безопасность в

чрезвычайных ситуациях. Основные положения; **Ошибка!**  
**Недопустимый объект гиперссылки.** ССБТ. Пожарная безопасность  
технологических процессов. Общие требования. Методы  
контроля; **Ошибка!** **Недопустимый объект гиперссылки.** ССБТ. Одежда  
специальная для защиты от тепла и пламени. Метод испытаний  
на ограниченное распространение пламени; **Ошибка!**  
**Недопустимый объект гиперссылки.** Стандартизация в Российской  
Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.