

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Снижение пожарной опасности технологического процесса слива-налива нефтепродуктов путем применения в системах пожаротушения пленкообразующей пены низкой кратности (ПАО Орскнефтеоргсинтез)г.Орск, Оренбургская область)

Студент

А.Е. Хохлов

(И.О. Фамилия)



(личная подпись)

Научный
руководитель

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., профессор М.И. Фесина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

«_____» _____ 2018 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 2018 г.

Тольятти 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ.....	15
1.1 Анализ современной нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности.....	15
1.2 Механизм огнетушащего действия пенообразователей.....	19
1.3 Современное состояние противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.....	22
1.4 Постановка задач исследований.....	27
2 АНАЛИЗ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА СЛИВА-НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКО КРАТНОЙ ПЕНЫ В СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ПАО «ОРСКНЕФТЕОРГСИНТЕЗ».....	29
2.1 Характеристика объекта.....	29
2.2 Характеристика взрывопожароопасных участков и технологического оборудования.....	45
2.3 Описание технологического процесса.....	55
2.4 Ведомственная пожарная охрана и порядок взаимодействия сил и средств Восточного пожарно-спасательного гарнизона.....	61
2.5 Противопожарное водоснабжение на объекте.....	66
2.6 Анализ пожаров на объекте.....	69

3	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ, АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	72
3.1	Определение скорости растекания водной пленки по поверхности углеводорода.....	72
3.2	Определение электрокинетического потенциала в модельных пенных пленках.....	77
3.3	Поверхностная активность водных растворов ПАВ.....	85
3.4	Анализ существующих научных разработок в сфере пенного пожаротушения.....	92
3.5	Экономический и социальный эффект предлагаемого способа, обеспечения пожарной безопасности объекта защиты.....	106
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	110
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	112
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	120

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей магистерской диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями:

«Пожарная безопасность - состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [3].

«Требования пожарной безопасности - требования пожарной безопасности - специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности» [3].

«Профилактика пожаров - совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий» [3].

«Пожарная охрана - совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ» [3].

«Федеральный государственный пожарный надзор - деятельность уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих переданные полномочия, а также подведомственных им государственных учреждений, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений организациями и гражданами требований, установленных законодательством Российской Федерации о пожарной безопасности (далее - обязательные требования), посредством организации и проведения проверок деятельности организаций и граждан, состояния используемых (эксплуатируемых) ими объектов защиты, территорий, земельных участков, продаваемой пожарно-технической продукции, проведения мероприятий по контролю на лесных участках, на объектах ведения подземных горных работ,

при производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения, принятия предусмотренных законодательством Российской Федерации мер по пресечению и (или) устранению выявленных нарушений, и деятельность указанных уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением требований пожарной безопасности, анализу и прогнозированию состояния исполнения указанных требований при осуществлении организациями и гражданами своей деятельности» [3].

«Пожарно-спасательный гарнизон - совокупность расположенных на определенной территории органов управления, подразделений и организаций, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно-спасательных работ» [3].

«Пожарная безопасность объекта защиты - состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [1].

«Пожарная опасность объекта защиты - состояние объекта защиты, характеризующее возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [1].

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ФПС - Федеральная противопожарная служба.

ППР– правила противопожарного режима.

НПБ– нормы пожарной безопасности.

ВМП - воздушно-механическая пена.

ВНПБ - ведомственные нормы пожарной безопасности.

ГЖ - горючая жидкость.

ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость.

ЖБР - железобетонный резервуар.

ЛС - пожарный комбинированный лафетный ствол универсальный.

РВС - резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей.

РД - руководящий документ.

РП - резервуарный парк.

СУГ - сжиженные углеводородные газы.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования.

Промышленная добыча, транспортировка и переработка нефти в Российской Федерации представляет собой непосредственно одну из наиболее пожарноопасных отраслей в нашей стране, и часто оказывается, что принимаемых мер, направленных на сохранение огромных капиталовложений, недостаточно для предотвращения потерь от пожаров.

Обращая внимание на разнообразие и сложность выпускаемых в настоящее время горючих веществ и материалов, мы понимаем, что пожарная охрана решает ряд очень серьезных и важных проблем в деле обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтяной отрасли.

Традиционно, для противопожарной защиты объектов резервуарных парков используется ВМП средней кратности, которую получают с помощью генераторов пены (пеногенераторов), расставленных поблизости от объекта защиты, т.к. возможная длина подаваемой пенной струи составляет примерно 5-6 метров. Исходя из опыта использования автоматических систем пожаротушения и произошедших пожаров на предприятиях нефтяной отрасли, можно абсолютно точно заявить, что на лицо низкая эффективность противопожарного оборудования, которое зачастую уже на начальной стадии пожара выходит из строя, попросту сгорает. При этом ликвидация пожара становится возможной только силами прибывающих пожарных расчетов, что существенно повышает риск и создает угрозу здоровью и жизни пожарных.

Решением задачи по тушению пожаров нефтепродуктов на объектах нефтяной отрасли, а также на железнодорожных сливо-наливных эстакадах, является непосредственное использование способа подачи расширенных струй низкократной пленкообразующей ВМП, которая подается стационарными мониторами, установленными на расстоянии 15-25 метров от объекта защиты. Для реализации данного способа пожаротушения используются пленкообразующие пенообразователи, типа «Lightwater». Данные пенообразователи включают в свой состав фторированные ПАВ,

непосредственно обеспечивающие водному раствору не большое поверхностное натяжение, образующее на поверхности углеводорода равномерную пленку пенообразователя.

Равномерная пленка непроницаема для восходящих испарений горючей жидкости, и это сильно уменьшает интенсивность проникновения паров горючей жидкости в зону горения, что положительно влияет на процесс ликвидации горения нефтепродукта и еще долгое время потом предотвращает загазованность окружающей среды.

После освоения производства фтор содержащих пенообразователей, становится реальной возможность применения на практике «мониторного» способа тушения пожаров как объектов резервуарных парков, так и железнодорожных сливо-наливных эстакад. Но для того, чтобы реализовать предложенный способ пожаротушения необходимо выявить основные тенденции, непосредственно позволяющие осуществить принципиально новый способ пожаротушения и создать комплекс как пеногенерирующего оборудования, так и пенообразователя, который непосредственно предотвратит «загрязнение» пены нефтепродуктом в процессе ее «прямой» подачи на поверхность горящего нефтепродукта. Также состав пенообразователя поспособствует предотвращению возможного повторного возгорания нефтепродукта, так как на поверхности углеводородов образовывается защитная водная пленка.

Возникает потребность в создании пленкообразующих составов, для более широкого освоения предлагаемой мониторинной системы пожаротушения, доступных по цене и объему производства. Следовательно, задача по созданию и применению пленкообразующих пен низкой кратности, а также разработке научных принципов осуществления данного способа пожаротушения нефтепродуктов и железнодорожных сливо-наливных эстакад является актуальной.

Цели исследования. Целью выполнения работы, является непосредственно определение ключевых составляющих процессов ликвидации

возгораний нефтепродуктов воздушно-механическими пенами, образующимися на поверхности углеводорода изолирующую водную пленку, из растворов фтор содержащих пенообразователей, и на основе полученных в результате проанализированных данных, определить состав основных требований к системам мониторинга пожаротушения нефтепродуктов и обеспечения пожарной безопасности на объектах резервуарных парков, в том числе и на железнодорожных сливо-наливных эстакад.

Задачи исследования:

1. Провести анализ современной нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности.
2. Выполнить анализ современного состояния противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.
3. Провести анализ основных видов, характеристик и механизмов огнетушащего действия пенообразователей.
4. Провести анализ пожарной безопасности и технических решений по обеспечению снижения пожарной опасности технологического процесса слива-налива нефтепродуктов, применяя в системах пожаротушения пленкообразующие пены, из фтор содержащих пенообразователей, низкой кратности, на примере ПАО «Орскнефтеоргсинтез».
5. Выполнить анализ результатов экспериментальных исследований свойств пенообразователей.
6. Провести анализ существующих научных разработок, патентной и научной литературы в сфере противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.
7. По заказу ПАО «Орскнефтеоргсинтез» определить экономическую и социальную значимость предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте защиты, а также возможность внедрения полученных результатов на ПАО «Орскнефтеоргсинтез».

Объект исследования.

Объектами исследования непосредственно являются железнодорожные сливо-наливные эстакады, технологические процессы слива-налива нефтепродуктов, технология процесса пожаротушения на примере ПАО «Орскнефтеоргсинтез», расположенном в городе Орске, Оренбургской области.

Теоретическая и методологическая база исследования.

Теоретической и методологической базами для диссертационного исследования послужили действующие актуальные нормативно-правовые документы, опубликованные научные труды в периодических изданиях, технические описания патентных разработок, преимущественно содержащиеся в электронном доступе и представленные по адресу <http://www.freepatent.ru/>, <http://www.findpatent.ru/> относящиеся к способам, веществам и техническим устройствам (оснастке), применяемым для безопасной транспортировки, заправки (сливу-наливу) углеводородных топлив в емкостные объемные резервуары.

Научная новизна теоретических и экспериментальных исследований диссертационной работы:

- определены преимущественные взаимосвязи между пленкообразующей, и как следствие огнетушащей, эффективностью фтор содержащих составов и их основными характеристиками;
- разобран процесс самоочищения пен в процессе тушения;
- обоснованы экономическая и социальная значимость предлагаемых мероприятий по снижению пожарной опасности процесса слива-налива нефтепродуктов, применяя низко кратную пену в системах пожаротушения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Наиболее существенным результатом работы является расчетно-экспериментальное обоснование всех технических требований, непосредственно применимых к системе пожаротушения нефтепродуктов железнодорожных сливо-наливных эстакад.

Обновлена база нормативно-правовой документации на ПАО «Орскнефтеоргсинтез», в области проектирования автоматических систем пожаротушения на основных объекты резервуарного парка.

Доказана экономическая и социальная значимость применения в системах пожаротушения пленкообразующей пены низкой кратности.

Положения, выносимые на защиту

- результаты анализа закономерности процесса тушения пожаров нефтепродуктов пленкообразующими пенами низкой кратности;
- результаты анализа причин возникновения и разрушения водной пленки пенообразователя, что позволяет усовершенствовать состав пенообразователя для применения в системе пожаротушения;
- результаты анализа особенностей применения действующей нормативно-технической документации по комплексному применению пленкообразующих пен низкой кратности для защиты объектов нефтяной отрасли;
- обоснование экономической и социальной значимости предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте защиты.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов в процессе диссертационного исследования основана на соответствии предложенных и усовершенствованных мероприятий по снижению пожарной опасности процесса слива-налива нефтепродуктов и противопожарной защите объектов нефтяного комплекса, действующим нормативным требованиям отечественных стандартов.

Апробация информации, анализ показателей, полученных в ходе выполнения работы, доведение результатов, достигнутых диссертационным исследованием, а также их дальнейшие возможности внедрения в практическую область науки производились при обсуждении выдвигаемых предложений данной работы на IV Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития образования и науки», организованной при участии ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.

Ульянова», Актюбинского регионального государственного университета им. К. Жубанова, Кыргызского экономического университета им. М. Рыскулбекова, Центра научного сотрудничества «Интерактив плюс» в 2017 году, в докладах школы повышения оперативного мастерства в Главном управлении МЧС России по Оренбургской области в 2016-2017 гг..

По материалам диссертации опубликована статья:

- Хохлов А.Е. «Снижение пожарной опасности технологического процесса слива-налива нефтепродуктов, путем применения в системах пожаротушения пленкообразующей пены низкой кратности» (Приоритетные направления развития образования и науки: материалы IV Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 24 декабря 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков, Р. А. Бекназаров, Б.К. Мейманов, Л.А. Абрамова, А.Ю. Иваницкий [и др.]. - Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017) Режим доступа: <https://interactive-plus.ru/ru/action/452/imprint>.

Магистерская диссертация включает в себя введение, три основных раздела, заключение, список использованных источников и одно приложение.

В первом разделе проведен анализ современной нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности, и особенности применения действующей нормативно-технической документации.

Рассмотрены различные виды и характеристики пенообразователей, предназначенных для тушения пожаров, раскрыт состав пенообразующих составляющих, дается классификация и область применения пенообразователей в зависимости от химического состава, вида горючего, изучен механизм огнетушащего действия пенообразователей, преимущественно проводится разбор существующих трудностей и достигнутых успехов в сфере противопожарной защиты объектов добычи, транспортировки, переработки и хранения нефти.

Рассмотрено современное состояние противопожарной защиты объектов хранения, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов, приведена

статистика пожаров, произошедших на нефтеперерабатывающих заводах России в период с 2000г. по 2015г.

Сформулированы и поставлены задачи исследования.

Второй раздел содержит характеристику рассматриваемого объекта, характеристику основных взрывопожароопасных участков и технологического оборудования и описание технологических процессов.

Приведен порядок взаимодействия между ведомственной пожарной охраной ООО «Защита» и силами и средствами Восточного пожарно-спасательного гарнизона Главного управления МЧС России по Оренбургской области.

В третьем разделе представлены результаты исследований по изучению основных физико-химических свойств пенообразователей и их составляющих, приведены результаты исследований определения скорости растекания пленки из различных видов растворов пенообразователей по поверхности гептана. Рассмотрены и изучены показатели определения огнетушащей эффективности пен, проведен анализ существующих патентов и научных разработок в сфере пенного пожаротушения.

В заключении содержатся обобщенные выводы, предложения и рекомендации, результаты проведенных анализов и выполненных расчетов, в целом способствующие усовершенствованию обеспечения пожарной безопасности объектов защиты.

Проведен анализ действующего законодательства в области обеспечения пожарной безопасности в нашей стране.

Выполнен анализ современного состояния противопожарной защиты объектов хранения, переработки и транспортировки нефтепродуктов, приведена статистика пожаров на объектах нефтяной отрасли.

Определено, что расчет основных параметров тушения пожаров, с учетом образующейся на поверхности горящего углеводородного топлива водной пленки, способствует снижению удельных затрат пенообразователя в пределах 15-20 %.

Определено, что применение пены низкой кратности для тушения пожаров горючих жидкостей, способствует снижению удельных затрат пенообразователя на 20-40% и сокращает время тушения «мониторной» системой пожаротушения объектов резервуарных парков, в том числе сливно-наливных эстакад, в пределах 20-25%.

Выполнен анализ результатов экспериментальных исследований свойств пенообразователей, показывающий, что наиболее действенным и выгодным огнетушащим средством, предназначенным для функций пожаротушения на технологических объектах как всего резервуарного парка, так и на эстакадах слива–налива нефтепродуктов, является пленкообразующая фтор синтетическая низко кратная пена.

Проведен анализ существующих научных разработок, патентной и научной литературы в сфере противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли по теме исследования.

Доказана экономическая и социальная значимость предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте защиты.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

1.1 Анализ современной нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности

Согласно ст.1, п.2. Федерального закона от 22.07.2008г. №123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1], «положения настоящего Федерального закона об обеспечении пожарной безопасности объектов защиты обязательны для исполнения при:

- 1) проектировании, строительстве, капитальном ремонте, реконструкции, техническом перевооружении, изменении функционального назначения, техническом обслуживании, эксплуатации и утилизации объектов защиты;
- 2) разработке, принятии, применении и исполнении технических регламентов, принятых в соответствии с Федеральным [законом](#) "О техническом регулировании", содержащих требования пожарной безопасности, а также нормативных документов по пожарной безопасности;
- 3) разработке технической документации на объекты защиты» [1].

Согласно ФЗ-123, ст.1, п.3. «в отношении объектов защиты специального назначения, в том числе объектов военного назначения, атомных станций, производственных объектов, объектов переработки, хранения радиоактивных и взрывчатых веществ и материалов, объектов уничтожения и хранения химического оружия и средств взрывания, наземных космических объектов и стартовых комплексов, горных выработок, объектов, расположенных в лесах, наряду с настоящим Федеральным законом должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации» [1].

Согласно ФЗ-123, ст.3 «правовой основой технического регулирования в области пожарной безопасности являются [Конституция](#) Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, Федеральный [закон](#) "О техническом регулировании", Федеральный [закон](#) "О пожарной безопасности" и настоящий Федеральный закон, в соответствии с которыми разрабатываются и принимаются нормативные правовые акты Российской Федерации, регулирующие вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты (продукции)» [1].

Согласно ФЗ-123, ст.4, п.1. «техническое регулирование в области пожарной безопасности представляет собой:

1) установление в нормативных правовых актах Российской Федерации и нормативных документах по пожарной безопасности требований пожарной безопасности к продукции, процессам проектирования, производства, эксплуатации, хранения, транспортирования, реализации и утилизации;

2) правовое регулирование отношений в области применения и использования требований пожарной безопасности;

3) правовое регулирование отношений в области оценки соответствия» [1].

Согласно ФЗ-123, ст.4, п.2. «к нормативным правовым актам Российской Федерации по пожарной безопасности относятся технические регламенты, принятые в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, устанавливающие обязательные для исполнения требования пожарной безопасности» [1].

Согласно ФЗ-123, ст.4, п.3. «к нормативным документам по пожарной безопасности относятся национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности, а также иные документы, содержащие требования пожарной безопасности, применение которых на добровольной

основе обеспечивает соблюдение требований настоящего Федерального закона» [1].

В соответствии с требованиями ФЗ-123, ст. 5, должно обеспечиваться выполнение следующих критериев:

«1. Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности.

2. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

3. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности» [1].

В нашей стране, на протяжении уже довольно долгого времени законодательство в области обеспечения пожарной безопасности остается неизменным, и основным нормативным правовым актом в области обеспечения пожарной безопасности является Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

«Настоящий Федеральный закон определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, юридическими лицами (далее - организации), должностными лицами, гражданами (физическими лицами), в том числе индивидуальными предпринимателями (далее - граждане)» [3].

Согласно ФЗ-69, ст. 5 «система обеспечения пожарной безопасности - совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ» [3].

Согласно действующему законодательству «основные функции системы обеспечения пожарной безопасности:

- нормативное правовое регулирование и осуществление государственных мер в области пожарной безопасности;
- создание пожарной охраны и организация ее деятельности;
- разработка и осуществление мер пожарной безопасности;
- реализация прав, обязанностей и ответственности в области пожарной безопасности;
- проведение противопожарной пропаганды и обучение населения мерам пожарной безопасности;
- содействие деятельности добровольных пожарных, привлечение населения к обеспечению пожарной безопасности;
- научно-техническое обеспечение пожарной безопасности;
- информационное обеспечение в области пожарной безопасности;
- осуществление федерального государственного пожарного надзора и других контрольных функций по обеспечению пожарной безопасности;
- производство пожарно-технической продукции;
- выполнение работ и оказание услуг в области пожарной безопасности;
- лицензирование деятельности в области пожарной безопасности (далее - лицензирование) и подтверждение соответствия продукции и услуг в области пожарной безопасности (далее - подтверждение соответствия);
- тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ;
- учет пожаров и их последствий;
- установление особого противопожарного режима;
- организация и осуществление профилактики пожаров» [3].

В «Руководстве по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках» прописано, что «основным средством тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках является пена средней и низкой кратности, подаваемая на поверхность горючей жидкости» [7]. Вместе с тем, СНиП 2.11.03-93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы»

[8], говорит, что «допускается применение подслоного способа подачи пены, а также других способов и средств тушения пожаров в резервуарах, обоснованных результатами научно-исследовательских работ и согласованных в установленном порядке. Для тушения нефти и нефтепродуктов применяются отечественные и зарубежные пеногенераторы и пенообразователи, прошедшие сертификацию и имеющие рекомендации по их применению и хранению» [8].

Согласно Руководства [7], п. 2.2.1 «огнетушащее действие воздушно-механической пены заключается в изоляции поверхности горючего от факела пламени, снижении вследствие этого скорости испарения жидкости и сокращении количества горючих паров, поступающих в зону горения, а также в охлаждении горячей жидкости. Роль каждого из этих факторов в процессе тушения изменяется в зависимости от свойств горячей жидкости, качества пены и способа ее подачи».

Согласно Руководства [7], п. 2.2.1 «при подаче пены одновременно происходит разрушение пены от факела пламени и нагретой поверхности горючего. Накапливающийся слой пены экранирует часть поверхности горючего от лучистого теплового потока пламени, уменьшает количество паров, поступающих в зону горения, снижает интенсивность горения. Одновременно выделяющийся из пены раствор пенообразователя охлаждает горючее. Кроме того, в процессе тушения в объеме горючего происходит конвективный теплообмен, в результате которого температура жидкости выравнивается по всему объему, за исключением "карманов", в которых теплообмен происходит независимо от основной массы жидкости» [7].

1.2 Механизм огнетушащего действия пенообразователей

Физико-химические основы процесса горения углеводородного топлива подробно раскрыты в работе Бузюк В.В. [9], в частности им отмечено, что «в процессе горения, температура поверхности жидкости близка к температуре ее кипения, поэтому пар имеет давление очень близкое к атмосферному. При взаимодействии с пеной, в процессе ее растекания, пар заполняет пузырьки

нижнего слоя пены, и в следствии контакта с «холодными» пенными пленками охлаждается и оказывается перенасыщенным, по этой причине конденсируется в виде маленьких капель.

В тот момент, когда на водных пленках пены сконденсировались микрокапельки, тут же возникают двухсторонние, не симметричные пленки. Капля углеводорода может растекаться по поверхности пленки, потому что сам углеводород имеет поверхностное натяжение ниже, чем водный раствор пенообразователя. Растекаясь по ней, он образует сэндвич, так как с одной стороны которого очень низкое поверхностное натяжение – там, где углеводород, а с другой стороны очень высокое там, где воздух. Возникает местное напряжение, приводящее к быстрому разрушению пленки и первого слоя пены. Процесс повторяется в следующем слое пенных пузырьков. Подобным способом, растекаясь вверх, пленка углеводорода приводит к быстрому лопанию пузырей. Пленка постоянно подпитывается парами, которые поднимаются вверх с поверхности жидкости и в свою очередь конденсируется. Механизм конденсации – смачивания приводит к быстрому формированию вертикальных полостей. Если эти полости сформировались, то они могут быть затянуты, если у пены низкая вязкость. Пена высокой кратности не сдвинется и не закроет образовавшуюся полость, потому что у нее высокая структурная вязкость.

Углеводородная пена обладает очень низким изолирующим действием, так как ее поверхностное натяжение выше, чем поверхностное натяжение у растворителя. Существует необходимость изменить данную природу пенообразователя путем снижения его поверхностного натяжения. Но если поверхностное натяжение пленки и углеводорода одинаковы, то уже неизвестно кто кого будет смачивать. Создается такое условие для более стабильного существования пены на поверхности, когда ни тот ни другой уже не смачивают друг друга.

Если возможность смачивания углеводородом пены полностью предотвратить, то в этом случае эффект изолирующего действия будет не

только за счет того, что пена всем своим слоем противится разрыву и нет возможности ее разорвать, но еще по поверхности начинает растекаться равновесная пленка жидкости. Если из водного раствора получится сформировать на поверхности углеводорода пленку, то она резко снизит скорость испарения горючего.

Для того чтобы наиболее широко начать использовать низкократную пену и выдать непосредственно рекомендации к ее применению нужно четко представить, почему низкократная пена из фторированных пенообразователей может быть рекомендована. Предел использования пены ищется на основе сопоставления поверхностных натяжений. А если мы хотим создать условия самопроизвольного растекания, тогда возникает вопрос по межфазному натяжению, чтобы рассчитать величину термодинамической самопроизвольной готовности раствора потечь уже по горючему» [9].

В соответствии с Руководством [7], п. 2.3.1, «быстрой изоляции горячей поверхности пеной способствуют саморастекающаяся из пены водная пленка раствора пенообразователя, имеющая поверхностное натяжение ниже натяжения горючей жидкости, а также конвективные потоки, которые направлены от места выхода пены к стенкам резервуара. В результате конвективного тепло-массообмена снижается температура жидкости в прогретом слое до среднеобъемной. Вместе с тем интенсивные восходящие потоки жидкости приводят к образованию на поверхности локальных участков горения, в которых скорость движения жидкости достигает максимальных значений. Эти участки, приподнятые над остальной поверхностью и называемые «бурунами», играют важную роль в процессе тушения. Чем выше «бурун», тем больше пены необходимо накопить для покрытия всей поверхности горячей жидкости. Для снижения высоты «буруна» пена подается через пенные насадки с минимальной скоростью. Пена, всплывающая на поверхность через слой горючего, способна миновать встречающиеся препятствия и растекаться по всей поверхности горючего. Закономерное снижение интенсивности горения достигается через полторы-две минуты,

начиная с момента появления пены на поверхности. В это время наблюдаются отдельные очаги горения у разогретых металлических конструкций резервуара и в местах образования «бурунов». В дальнейшем, в течение двух-трех минут, происходит полное прекращение процесса горения. После прекращения подачи пены, при полной ликвидации горения, на всей поверхности горючей жидкости образуется устойчивый пенный слой толщиной до 10 см, который в течение 2-3 ч защищает поверхность горючей жидкости от повторного возгорания» [7].

1.3 Современное состояние противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли

«Анализируя современное состояние противопожарной защиты объектов хранения, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов, прежде всего, необходимо располагать данными о пожарах, возникших на объектах нефтегазовой отрасли за 2000-2015 гг.» [24]. Эти сведения нашли отражение в таблице 1.1

Таблица 1.1 – «Статистика пожаров, возникших на объектах нефтегазовой отрасли в период 2000-2015 гг.» [24]

Год	Кол-во пожаров, ед.	Погибло всего людей, чел.	Травмировано всего людей, чел.	Травмировано работников ПО, чел.	Прямой мат.ущерб, млн. руб.
1	2	3	4	5	6
2000	377	23	78	5	10,436
2001	300	14	70	11	18,364
2002	291	21	75	2	8,67
2003	282	23	76	0	28,355
2004	238	16	59	1	1010
2005	247	20	67	7	10,264
2006	214	14	50	5	23,284
2007	215	25	61	4	45,991

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
2008	168	18	38	1	251,45
2009	172	15	58	5	281,33
2010	170	5	25	1	132,22
2011	157	11	75	5	120,88
2012	149	6	40	4	574,89
2013	122	2	45	9	237,89
2014	127	1	27	0	1136,4
2015	99	5	32	0	377,11
Всего	3319	219	876	60	4267,6

«На объектах нефтегазовой отрасли за 2000-2015 гг. произошло 148 пожаров, 83 (56 %) из которых в емкостных объемных резервуарах с НП, в том числе 60 пожаров (45,8 %) на емкостных объемных резервуарах, входящих в технологическую систему АЗС» [24]. Распределение количества пожаров в емкостных объемных резервуарах с НП, по годам представлено в таблице 1.2

Таблица 1.2 – «Данные о пожарах, возникших на объектах нефтегазовой отрасли, произошедших за 2000-2015 гг.» [24]

Год	Количество пожаров на объектах НГО, ед.	Количество пожаров на складах нефти и НП, ед.	Количество пожаров в емкостных объемных резервуарах на АЗС, ед.
1	2	3	4
2000	20	13	12
2001	12	8	4
2002	8	3	2
2003	20	10	5
2004	12	7	5

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
2005	12	6	4
2006	10	5	4
2007	8	5	4
2008	9	8	5
2009	2	2	2
2010	7	4	3
2011	5	1	1
2012	6	2	2
2013	7	5	4
2014	4	2	2
2015	6	2	1
Всего	148	83	60

Согласно статистики [24], «непосредственно на объектах нефтегазовой отрасли за рассматриваемый период произошло 148 пожаров, 83 (56 %) из которых – в емкостных объемных резервуарах с НП, в том числе 60 пожаров (72,3 %) – на емкостных объемных резервуарах, входящих в технологическую систему АЗС» [24]. Эти статистические данные приведены на рисунке 1.1

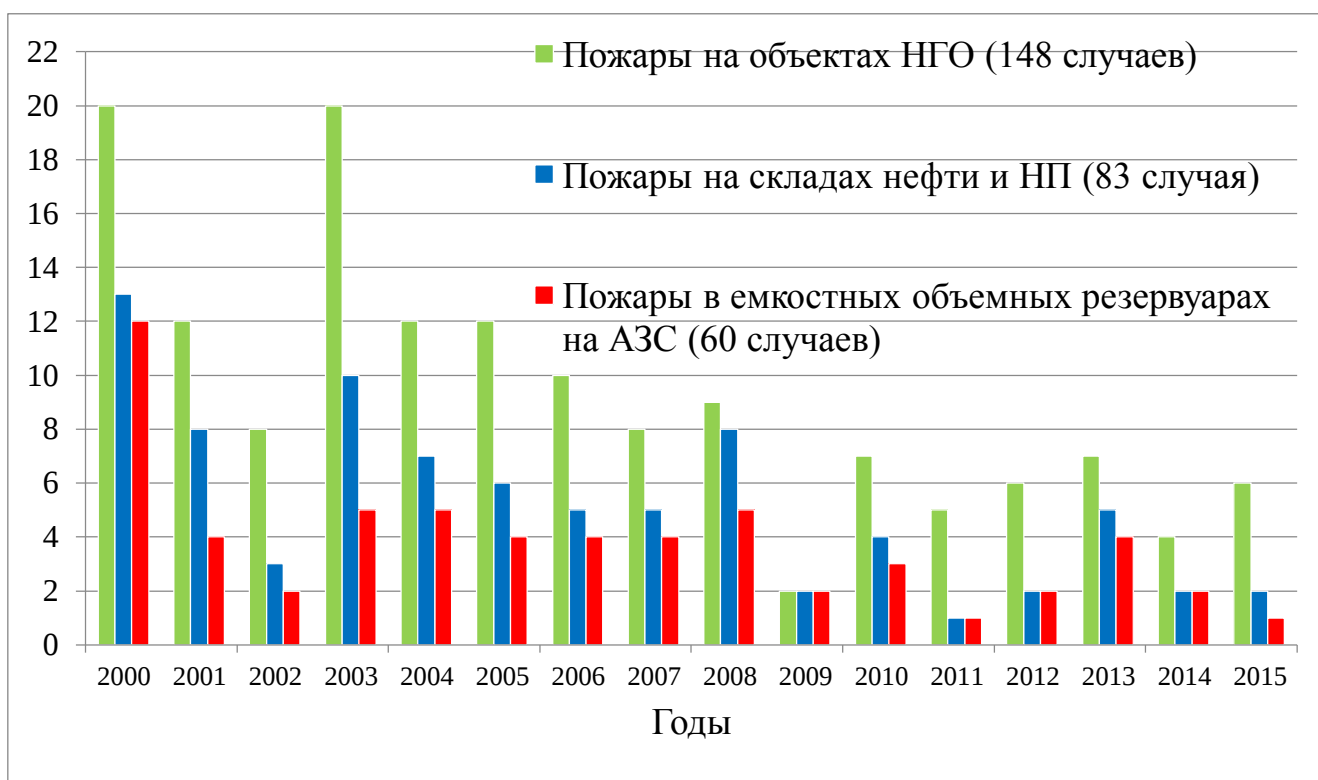


Рисунок 1.1 – «Гистограмма распределения по годам количества пожаров, возникших в емкостных объемных резервуарах, заполненных нефтепродуктами, на объектах нефтегазовой отрасли» [24].

«Статистические данные по пожарам на складах ЛВЖ, УВТ в емкостных объемных резервуарах (нефтебазы, нефтехранилища, АЗС) в 2000-2015 гг.» [24], показаны в таблице 1.3

Таблица 1.3 – «Обстановка с пожарами на складах ЛВЖ, УВТ в емкостных объемных резервуарах (нефтебазы, нефтехранилища, АЗС) в 2000-2015 гг» [24]

Год	Кол-во пожаров, ед.	Погибло всего людей, чел.	Погибло работников ПО, чел	Травмировано всего людей, чел.	Травмирован о работников ПО, чел.	Прямой мат.ущерб, млн. руб.
1	2	3	4	5	6	7
2000	92	3	1	21	2	4,758
2001	73	7	0	25	2	3,246
2002	68	8	0	14	0	0,823
2003	71	12	0	26	0	1,469

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7
2004	50	1	0	19	0	1,441
2005	59	8	0	15	1	2,313
2006	32	7	0	17	4	0,897
2007	32	5	0	9	0	1,348
2008	40	1	0	14	0	2,202
2009	54	9	3	29	5	147,375
2010	55	0	0	7	0	17,67
2011	45	6	0	25	3	6,403
2012	33	0	0	15	3	8,763
2013	27	1	0	22	8	72,778
2014	19	0	0	6	0	0,677
2015	21	0	0	4	0	0,077
Всего	798	68	4	268	28	271,24

Статистические данные, согласно [24] «показывающие, что непосредственно на складах ЛВЖ, УВТ в емкостных объемных резервуарах (нефтебазы, нефтехранилища, АЗС) за рассматриваемый период произошло 798 пожаров, 68 (8,5 %) из которых – со смертельным исходом, 268 (33,6%) с травмированием различной тяжести» [24], изображены на рисунке 1.2

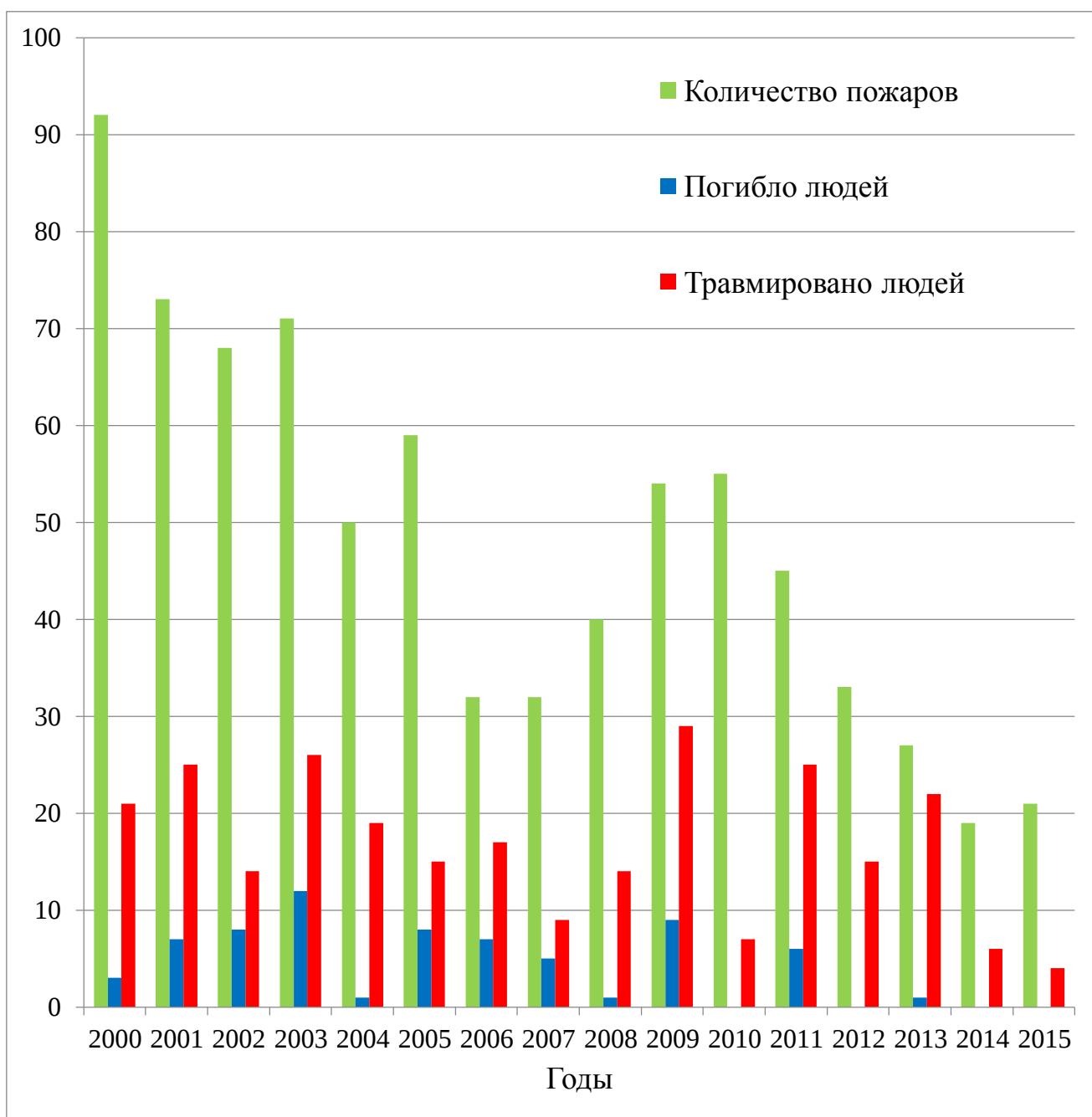


Рисунок 1.2 – «Распределение количества пожаров по годам на складах ЛВЖ, УВТ в емкостных объемных резервуарах (нефтебазы, нефтехранилища, АЗС) в 2000-2015 гг.» [24].

1.4 Постановка задач исследования

Анализируя статистику пожаров, случившихся как у нас в стране, так и за ее границами, нельзя не обратить внимание на довольно низкий уровень эффективности противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли, и на

высокий уровень опасности как для личного состава пожарных подразделений, так и обслуживающего персонала предприятий, участвующего в тушении.

В этой связи в работе ставятся следующие задачи исследований:

- провести анализ действующего законодательства в области обеспечения пожарной безопасности.
- выполнить анализ современного состояния противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.
- провести анализ основных видов, характеристик и механизмов огнетушащего действия пенообразователей.
- провести анализ противопожарной защиты и технических решений по снижению пожарной опасности процесса слива-налива нефтепродуктов, применением низко кратной пены в системах пожаротушения на ПАО «Орскнефтеоргсинтез».
- выполнить анализ результатов экспериментальных исследований свойств пенообразователей.
- провести анализ существующих научных разработок, патентной и научной литературы в сфере противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.
- определить экономическую и социальную значимость предлагаемых решений по снижению пожарной опасности процесса слива-налива нефтепродуктов, используя низко кратную фтор содержащую пену в системах пожаротушения, по заказу ПАО «Орскнефтеоргсинтез», а также возможность внедрения полученных результатов на ПАО «Орскнефтеоргсинтез».

2 АНАЛИЗ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА СЛИВА-НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКО КРАТНОЙ ПЕНЫ В СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ПАО «ОРСКНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

2.1 Характеристика объекта

ПАО «Орскнефтеоргсинтез» нефтеперерабатывающий завод с возможной мощностью переработки нефти около 7 млн. тонн в год. Сырьем для переработки на ПАО «Орскнефтеоргсинтез» является смесь нефтей: Западносибирской, местных нефтей (Оренбургнефть-Шпаково, Новосергиевская, Сорочинская, Саратовнефтегаз-Наливная, Новоперелюбская), прочих нефтей и газового конденсата. Западносибирская и местная нефть (Оренбургнефть-Шпаково) поступают по трубопроводу. Саратовнефтегаз (Наливная, Новоперелюбская), местные нефти (Новосергиевская, Сорочинская), газовый конденсат и прочие нефти поступают по железной дороге.

ПАО «Орскнефтеоргсинтез» расположено в северо-западной части города Орска, Оренбургской области, на правом берегу реки Урал. Основная промышленная площадка предприятия размещается на земельном участке общей площадью 39,24 км², из них в собственности предприятия находятся 39,15 км² и в аренде (государственная собственность) 0,9 км².

Территория основной промышленной площадки с западной стороны ограничена группой предприятий, в том числе ООО «Нефтестройремонтаж», юго-западнее размещается Орская ТЭЦ-1, с северо-востока ЗАО «Завод синтетического спирта», с востока ПАО «Комбинат Южуралникель», с юго-восточной стороны территория предприятия примыкает к территории ООО «Деревообрабатывающий комбинат», с южной к территории Торгового дома «Завод Строймаш и Нестандартного Оборудования».

Ближайшая жилая застройка по отношению к основной промышленной площадке ПАО «Орскнефтеоргсинтез» расположена в северо-западном

направлении на расстоянии 90м. (пос. Победа), в юго-восточном направлении на расстоянии 480м. (пос. Никель), в южном направлении на расстоянии 930м. (пос. Строитель).

Рельеф участка ровный. Перепад высот не превышает 50 м на 1 км. Коэффициент рельефа местности составляет 1.

К югу от нефтебазы на расстоянии 1,5 км находится пойма реки Урал.

Район расположения не сейсмичен. Физико-геологические процессы и явления, отрицательно влияющие на устойчивость объекта, отсутствуют.

По данным инженерно-геологических изысканий площадка нефтебазы приурочена к надпойменной террасе р. Урал. Грунтовые воды вскрыты на глубине 6,0 м или абсолютной отметке 196,96 м. Воды не напорные.

Отведенные земли относятся к землям промышленности. Почвенно-растительный слой глубиной 0,5 м инженерно-геологическими изысканиями установлен на 8% от площади застройки, остальная часть спланирована и частично заасфальтирована.

Отведенные земли не относятся к особо охраняемым, к землям с особым режимом использования.

Город Орск находится в восточной части Оренбургской области в среднем течении реки Урал. В районе города в реку Урал впадают три притока – реки Орь, Елшанка, Большой Кумак. Территория Оренбургской области относится к III климатической зоне.

Лето жаркое, сухое с большим числом солнечных дней. Температура воздуха летом в отдельные дни может подняться до +42 °С, но даже в июле не исключены резкие похолодания. Самым теплым месяцем в году является июль, среднемесячная температура которого равна +21,5 °С. В летнее время на нефтебазе принимаются дополнительные меры по обеспечению пожарной безопасности объекта.

Зима ветреная, холодная. Морозы могут достигать -44 °С. Среднемесячная температура зимы (январь) составляет -16,2 °С. Продолжительность зимы составляет около пяти месяцев в году.

Наибольшее число дней с сильным ветром (более 15 м/с) наблюдаются в феврале-марте.

Таким образом, климатические данные на территории г. Орска благоприятны для рассеивания вредных веществ в атмосфере, в том числе паров нефтепродуктов при ЧС(Н) на нефтебазе. Это снижает вероятность возникновения при разливе нефтепродуктов взрыва, пожара, отравления людей.

В районе расположения нефтебазы опасные природные процессы, такие как оползни, сели, лавины, землетрясения, эрозии почвы, подтопления, наводнения, отсутствуют.

Нефтебаза не оказывает воздействия на состояние поверхностных, подземных вод и почвы. Принятые при проектировании технологические решения не предусматривают сброса хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в поверхностные водные объекты. Асфальтовое покрытие территории и сброс ливневых сточных вод исключает загрязнение подземных вод. Сброс хозяйственно-бытовых сточных вод осуществляется в городские сети канализации. Ливневые сточные воды поступают по лоткам и системе дренажных трубопроводов в заглубленную дренажную емкость.

Проектом предусмотрена организация сбора промышленных стоков и разливов нефтепродуктов со всей территории нефтебазы имеющей твердое покрытие: автомобильный сливноналивной пункт; разворотная площадка автомобилей; железнодорожный сливной пункт; резервуарный парк.

Принятые при проектировании и строительстве решения по локализации и отводу неорганизованного стока с территории открытой площадки нефтебазы считаются достаточными для защиты поверхностных, грунтовых вод и почвы.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что при возникновении ЧС (Н) на территории нефтебазы исключено загрязнение поверхностных, подземных водных объектов и почвы.

Растительный покров представлен травянистой растительностью и самосевными древесными – клен американский, ольха черная. Редких и исчезающих растений на данной площадке нет. Проектом предприятия

предусмотрено озеленение 207 м² территории и сохранение 536 м² существующих площадей зеленой посадки. Таким образом, общая площадь озеленения нефтебазы составляет 743 м².

Действующая нефтебаза не оказывает негативного воздействия на растительный и животный мир. Вопросы охраны животного и растительного мира рассмотрены при разработке генерального плана застройки северо-западного промышленного узла г. Орска. А предусмотренные проектом предприятия озеленение территории и посадка деревьев смягчают воздействие нефтебазы на окружающую среду.

Площадка под строительство установки вакуумной перегонки мазута площадью 10080м² размещена в пределах существующего ограждения промплощадки ПАО «Орскнефтеоргсинтез».

С юго-запада от установки, на расстоянии 67,2 м. находится ЦРП, ЦРП-1а. С юга от установки вакуумной перегонки мазута, на расстоянии 67,5 м., располагается установка вискбрекинга. С северо-запада в 42м. размещается действующая установка АВТ-3. С севера от установки на расстоянии 42 м. - установка Л-24-Т6, с востока на расстоянии 36м. - установки 37-4 и 39-4. С юго-восточной части - свободная от застройки территория.

Нефтепродукты на нефтебазу поступают в железнодорожных цистернах и автоцистернах. Отгрузка предусмотрена через пункт налива в автоцистерны.

Виды нефтепродуктов, с которыми производятся операции на нефтебазе: бензин АИ-92 и дизельное топливо. Максимальный объем хранимых на нефтебазе нефтепродуктов 550 м³, из них суммарный объем хранимого бензина АИ-92 – 250 м³, дизтоплива – 250 м³.

Для приема и хранения нефтепродуктов используются стальные горизонтальные резервуары Р-50 в количестве 10 штук объемом 50 м³ каждый, из них пять емкостей – для хранения бензина АИ-92, пять емкостей – для хранения дизельного топлива.

Размеры резервуара Р-50: внутренний диаметр 2760мм, длина 9500 мм.

Каждый резервуар снабжен сливноналивной трубой, смотровым люком, дыхательным патрубком с огнепреградителем, дренажным штуцером, сигнализацией предельных (верхнего и нижнего) рабочих уровней. Резервуары работают в режиме «мерник». Конструктивно установленная степень заполнения резервуара – 85% от номинальной емкости. Для приема нефтепродукта из потекшего резервуара предназначен аварийный резервуар объемом 50 м³.

Резервуары хранения нефтепродуктов установлены в надземном исполнении на бетонные седловидные опоры. Кладка фундаментных блоков выполнена на цементном растворе.

Площадка резервуарного парка прямоугольная, размером 38,0×12,0 м. Покрытие площадки резервуарного парка бетонное водонепроницаемое с уклоном в сторону лотка дренажной системы. Предусмотрен сбор промышленных стоков и разлившихся нефтепродуктов через дренажную систему в заглубленную емкость объемом 60 м³. По периметру резервуарного парка выполнено ограждение фундаментными блоками размером 0,6×0,6 м. Для доступа к верхним люкам резервуаров и их обслуживания предусмотрены стационарные металлические площадки с выходом на каждый резервуар с необходимым количеством маршей.

Защита резервуаров от прямых ударов молнии выполнена отдельно стоящими молниеотводами, высота стержней составляет 15 и 20 м. Для защиты от статического электричества каждый резервуар заземлен с двух сторон полосой сечением 20×5 мм, которая приварена к общему контуру заземления нефтебазы, выполненному такой же полосой.

Освещение резервуарного парка осуществляется прожекторами во взрывозащищенном исполнении типа ВЗГ-200АМС, установленными на мачтах на расстоянии более 10 м от ограждения парка (согласно правилам промышленной безопасности).

Слив нефтепродуктов из железнодорожной цистерны производится на пункте слива железнодорожных цистерн с помощью автоматического

герметичного устройства нижнего слива АСН-7Б. Нефтепродукты из железнодорожной цистерны перекачиваются с помощью самовсасывающих вихревых одноступенчатых горизонтальных насосов марки 1АСВН-80А (2 ед.) производительностью 35 м³/час непосредственно в резервуары хранения топлива. Одновременно под разгрузкой может находиться одна цистерна вместимостью 60 м³.

Площадка пункта слива железнодорожных цистерн имеет размеры 12×4,5 м и бетонную отбортовку высотой 0,3 м. Покрытие площадки, в том числе её междельсовой части, бетонное водонепроницаемое с уклоном 2% в сторону лотка дренажной системы. Таким образом, на железнодорожном сливном пункте обеспечена возможность сбора промышленных стоков и разлившихся нефтепродуктов в заглубленную дренажную емкость объемом 60 м³ по существующей дренажной системе.

Для доступа к верхнему люку железнодорожной цистерны предусмотрена металлическая эстакада пролетом 12 м с переходным мостиком, откидывающимся одновременно с открыванием пролета ограждения со стороны цистерны.

Освещение железнодорожного сливного пункта осуществляется прожектором во взрывозащищенном исполнении типа ВЗГ-200АМС, установленным на мачте в соответствии с проектной документацией.

Слив нефтепродуктов из автоцистерн и налив в автоцистерны осуществляется на автомобильном сливо-наливном пункте. Вместимость заезжающих на нефтебазу автоцистерн 4, 6, 8, 12, 17 м³.

Слив нефтепродуктов из автоцистерн полностью герметичный. Одновременно под выгрузкой может находиться одна цистерна.

Для налива нефтепродуктов в автоцистерны предусмотрена проездная однопролетная эстакада с расчетом проезда под ней наиболее крупногабаритной автоцистерны. На эстакаде предусмотрена установка двух наливных бесшланговых стояков разработки «ВНИПИнефть». Наливные устройства предусмотрены отдельно для дизельного топлива и бензина. Ввиду

малого количества обслуживаемых бензовозов (не более одного в сутки) автоматическое прекращение налива цистерн проектом не предусмотрено. Заполнение автоцистерн производится под наблюдением сливщика-разливщика, находящегося на эстакаде. Уровень наливаемых нефтепродуктов определяет сливщик-разливщик визуально по калибровочной планке. Учет наливаемых нефтепродуктов производится счетчиком типа Л-500.

Перекачка нефтепродуктов на автомобильный пункт слива-налива и с указанного пункта в резервуары осуществляется с помощью насосов самовсасывающих вихревых одноступенчатых горизонтальных марки 1АСВН-80А, производительностью 35 м³/час.

Площадка автомобильного сливоналивного пункта размером 11×8,0 м имеет покрытие из бетона марки В12,5 высотой 0,2 м на щебеночном основании, бетонную отбортовку по краям дороги высотой 0,2 м и уклон в сторону лотка дренажной системы. Промышленные стоки и разлившиеся на автомобильном сливоналивном пункте нефтепродукты по существующей дренажной системе собираются в заглубленную дренажную емкость-накопитель объемом 60 м³.

Освещение автомобильного сливоналивного пункта осуществляется прожектором во взрывозащищенном исполнении типа ВЗГ-200АМС, установленным на мачте в соответствии с проектной документацией.

Нефтепродукты перекачиваются по трем надземным трубопроводам диаметром 102 мм, которые представляют собой стальные бесшовные трубы по ГОСТ 8732-78 сталь 20. Максимальная длина технологических трубопроводов 15 м, 30 м, 40 м. Технологические трубопроводы проложены на поверхности по железобетонным блокам типа ФБС 9.3.6-Т. На трубопроводах нанесена опознавательная окраска согласно ГОСТ 14202-69: на бензопроводе – красным цветом, на трубопроводе дизтоплива – желтым цветом.

Монтаж трубопроводов выполнен на сварке, а запорной арматуры – на фланцах.

Запорная арматура установлена в насосной станции на вводах технологических трубопроводов к резервуарному парку, железнодорожной эстакаде и автоэстакаде, а также запорные устройства имеются возле каждого резервуара за пределами ограждения резервуарного парка. Максимальная длина технологического трубопровода между задвижками – 40 м. Управление запорной арматурой ручное, время закрытия не более 300 с. Дистанционное (автоматическое) управление запорной арматурой проектом не предусмотрено.

Здание операторной 2-х этажное, кирпичное подключено к городским инженерным сетям – отопление, водоснабжение, канализация, электроснабжение. Вентиляция операторной естественная. В операторной установлен силовой распределительный шкаф, оборудованный пусковой и защитной аппаратурой.

Общая площадь территории нефтебазы – 4825,30 м², в том числе площадь застроенная – 619,20 м²; прочая площадь – 4206,10 м².

Территория нефтебазы имеет железобетонное ограждение. Через нефтебазу проходит железнодорожный путь внутреннего пользования. Для автотранспорта, доставляющего и отгружающего нефтепродукты, на территории нефтебазы предусмотрена разворотная площадка, имеющая водонепроницаемое покрытие и уклон в сторону дренажной системы.

Год ввода нефтебазы в эксплуатацию: 2004г.

Режим работы нефтебазы в две смены (без ночной смены) в течение 365 дней в году с 08.00часов до 20.00часов. Одновременно в смене работают 4 человека: старший сливщик-разливщик – 1 чел, энергетик – 1 чел, сливщик-разливщик – 1 чел, менеджер – 1 чел.

Со всех сторон территория окружена существующими межквартальными автодорогами. С северо-западной и северо-восточной стороны расположены надземные и подземные инженерные коммуникации.

Аварийная разгерметизация резервуаров приводит к подсасыванию воздуха внутрь и снижению концентрации нефтепродукта в паровоздушном пространстве. В резервуарах с бензином происходит образование ВОК, даже

когда концентрация паров бензина значительно выше ВКПР.

ВОК также образуется при разгерметизации бензиновых насосов и трубопроводов при поступлении в них воздуха.

Аварийная разгерметизация оборудования с дизельным топливом марки «Л» (резервуаров и трубопроводов) не приводит к образованию в нем взрывоопасной концентрации.

Возможными путями распространения пожара в резервуарном парке являются:

- замазученные поверхности резервуаров, земли;
- разлет горящих веществ при взрыве;
- обогрев соседних резервуаров до температуры самовоспламенения паров нефтепродукта;
- разливаемый или выбрасываемый во время пожара нефтепродукт.

Опасными явлениями развития пожара в резервуарном парке являются:

- тепловое воздействие от очага пожара на окружающее пространство;
- распространение пожара через дыхательные устройства резервуаров;
- растекание жидкости из горящих резервуаров.

Обогреваемый пожаром резервуар может перейти в пожароопасное состояние в результате нагрева элементов резервуара до температуры самовоспламенения.

В результате проверки соответствия проектных решений нефтебазы требованиям норм пожарной безопасности выявлено следующее:

- 1) минимальные расстояния от резервуара до насосной станции должно быть не менее 24 м, фактическое расстояние равно 12 м;
- 2) минимальные расстояния от резервуара до автоналивной эстакады должно быть не менее 20 м, фактическое расстояние – 17 м.

Выполнение работ по организации предупреждения и ликвидации пожаров и аварий, выполнение связанных с ними аварийно-спасательных работ на ПАО «Орскнефтеоргсинтез» на договорной основе осуществляет общество с ограниченной ответственностью «Защита» (ООО «Защита»), в составе 183

человек, имеющимися силами и средствами, в зависимости от тактических возможностей, исходя из обстановки, сложившейся на пожаре (аварии) в соответствии с порядком привлечения сил и средств, утвержденным начальником Главного управления МЧС России по Оренбургской области.

В составе ООО «Защита» имеются подразделения пожарной части и профессиональное аварийно-спасательное формирование – газоспасательный отряд ООО «Защита» (ГСО ООО «Защита»).

Места дислокации ООО «Защита»: основное подразделение базируется на расстоянии 500м. от ПАО «Орскнефтеоргсинтез» и одно отделение пожарной части ООО «Защита» находится непосредственно на территории охраняемого объекта, время прибытия составляет 2-3 минуты.

На предприятии ПАО «Орскнефтеоргсинтез» организовано обучение Программам пожарно-технического минимума специалистами ООО «Защита», имеющие Лицензию на осуществление общеобразовательной деятельности, согласно условиям заключенного договора.

Всего в апреле-мае 2017 года было обучено 487 работника предприятия ПАО «Орскнефтеоргсинтез», а именно:

- 262 человек – ИТР, лица ответственные за пожароопасные производства;
- 193 человека – рабочие, занятые на пожароопасных работах;
- 32 человека – работники баз и складов.

В 2018 году обучение Программам пожарно-технического минимума планируется в апреле.

В 2010 году на объекты ПАО «Орскнефтеоргсинтез» разработаны 53 декларации пожарной безопасности.

В 2017 году разработана декларация пожарной безопасности на два вновь введенным объектам (установка синтеза водорода и КО и ХВО с новым блоком ХВП-1,2) и переработаны декларации пожарной безопасности на здание товарно-исследовательской лаборатории и здание узла связи. На 2018 год заключен договор на разработку двух пожарных деклараций: на комплекс

гидрокрекинга и переработку пожарных деклараций на заводоуправления №1 и №2.

На сегодняшний день 112 объектов предприятия оборудованы АУПС и СОУЭ, не обеспечено еще 22 объекта, это помещение операторной на ЭЛОУ-АВТ, АБК водоблоков №2 и №3 и др.; ряд отдельно стоящих помещений трансформаторных подстанций.

Об эффективности работы систем АУПС и СОУЭ говорит факт того, что в 2017 году 9 раз срабатывали пожарные датчики из-за задымления в распределительных устройствах электроустановок и трансформаторных подстанциях (вследствие выхода из строя элементов старого электрооборудования) с передачей сигнала в ООО «Защита», своевременный приезд которых предотвратил дальнейшее развитие возгорания (пожара) и нанесения ущерба предприятию.

Для выполнения своих функций должны системам пожарной автоматики требуется прохождение технического обслуживания (ТО) и планово-предупредительного ремонта (ППР) по разработанным и утвержденным на объекте графикам ТО и ППР.

В связи с тем, что на объекте отсутствует лицензия на данный вид работ, оборудование и персонал, обученный на специализированных курсах в специализированных учебных заведениях, для выполнения данных работ на тендерной основе выбран и заключен договор со специализированной организацией ООО «Рында».

Существующие системы пожарной автоматики с каждым годом ухудшают свою работоспособность. Это подтверждает 81 ложное срабатывание систем пожарной автоматики в 2017 году. Причиной срабатывания пожарной автоматики являются:

- неисправность технических средств и оборудования АУПС (50%),
- нарушения условий эксплуатации оборудования АУПС (20%);
- не грамотные действия обслуживающего персонала при эксплуатации оборудования АУПС (20%);

- нестабильность в сети электропитания АУПС (10%).

Хотя необходимо отметить, что в 2011 году было зафиксировано 125 ложных срабатываний, что подтверждает качество выполняемых работ по ТО и ППР.

При выполнении работ по ТО и ППР возникают ситуации вынужденного отключения систем пожарной автоматики из-за поломки приборов, деталей и иного оборудования, требующие закупки в течение 2-3-х месяцев из-за отсутствия 10% запаса и оперативности по запуску запчастей.

Важную роль в пожарной безопасности объектов предприятия представляют системы пожаротушения.

Восемнадцать из двадцати одного объекта предприятия оснащены системами пожаротушения.

На 9 объектах используются станции пенотушения, 9 объектов оборудованы установками газового пожаротушения.

Общий объем пенообразователя общего применения в системах пенотушения составляет 102 тн. Для тушения возможных пожаров, имеется аварийный запас 38 м³ целевого пенообразователя.

Для тушения пожаров на предприятии имеется система противопожарного водоснабжения, включающая 2 пожарные насосные станции, 359 пожарных гидрантов и 12 пожарных водоемов, проверку работоспособности которых осуществляется цехом ВиК и ООО «Защита» 2 раза в год (весной и осенью).

Все технологические установки и объекты предприятия укомплектованы первичными средствами пожаротушения (огнетушителями, асбестовыми одеялами)

На 01.04.18г. на объектах предприятия числится 911 огнетушителей.

Для контроля исправности огнетушителей и с целью проверки основных эксплуатационных параметров огнетушащего порошка ежегодно заключается договор с ООО «ВДПО» для проведения технического осмотра огнетушителей специализированной организацией.

Для организация деятельности по предупреждению и тушению пожаров на объектах ПАО «Орскнефтеоргсинтез» заключается договор со специализированной организацией, отвечающей всем требованиям, указанным в утвержденном техническом задании. На 2018 год заключен договор с ООО «Защита». Места ее дислокации: основное подразделение базируется на расстоянии 0,5 км от ПАО «Орскнефтеоргсинтез» и одно отделение ПЧ ООО «Защита» находится непосредственно на территории предприятия. Время прибытия: 2-3 минуты. Способы оповещения о пожаре:

- прямая телефонная связь с технологическими объектами предприятия;
- переносные радиостанции;
- автоматические системы пожарной сигнализации;
- ручные пожарные извещатели.

На вооружении пожарной части находятся 12 единиц пожарной техники, укомплектованной согласно табелю положенности.

Анализ пожарной безопасности нефтеперерабатывающего предприятия показывает, что наибольшей опасностью на предприятии является проведение огневых работ.

По статистике в 2017 году на объектах ПАО «Орскнефтеоргсинтез» проведено 52535 огневые работы (2016 год – 39844), при проведении которых допущено 48 нарушений требований пожарной безопасности (2016 год – 45); из которых 50076 огневые работы - при строительстве новых и реконструкции эксплуатируемых объектов (2016 год - 36752); 2459 огневые работы были проведены на ремонтах технологических установок (2016 год - 3092).

Несоблюдение и невыполнение требований мер безопасности при подготовке или проведении огневых работ может привести к возгоранию или пожару. Последняя плановая проверка Отделом надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Оренбургской области, проводилась в апреле 2011 года, с последующей выдачей 682 пунктов выявленных нарушений.

Необходимо так же учесть, что ряд положительных заключений выдан на основании выполненных расчетов рисков возможных пожаров с разработкой мер безопасности, которые необходимо выполнять.

218 пунктов предписания были сняты с контроля по результату положительных заключений и представленных расчетов о степени вероятности прогнозируемого риска. При этом надо отметить, что наличие ряда нарушений взяли под свою ответственность.

На сегодняшний день официально невыполненными остаются 11 пунктов предписания.

По своему содержанию 11 невыполненных мероприятий распределяются следующим образом:

- 9 мероприятий – не произведен монтаж различных систем пожарной автоматики (ориентировочная стоимость 7,7 млн.руб.);
- 1 мероприятие – не произведен монтаж эвакуационных выходов соответствующих требованиям норм пожарной безопасности;
- 1 мероприятие – не произведен монтаж дублирующих задвижек с электроприводом за пределами обвалований резервуаров(ориентировочная стоимость 29-33 млн.руб.).

Данные мероприятия не выполняются на протяжении двух последних лет вследствие ограничения финансирования программы по противопожарной безопасности вследствие перераспределения на строительство новых объектов.

Согласно графику проверок надзорными органами в сентябре 2018 года запланирована проверка ПАО «Орскнефтеоргсинтез» на предмет проверки соответствия требований пожарной безопасности и работа самой аудиторской фирмы.

Благоприятная картина о состоянии пожарной безопасности не должна закрывать эйфорией наши глаза на имеющиеся риски по пожарной безопасности на предприятии.

В первую очередь при существующих проблемах с пожарами в РФ возможны изменения в нормативной документации в сторону ужесточения.

При отмене аудита возникает необходимость выполнения всех выявленных отклонений от требований НТД по пожарной безопасности, а ориентировочная сумма для устранения снятых с контроля пунктов составляет порядка 900 млн.руб. (это в ценах 2011 года). Поэтому прописанные мероприятия в положительных Заключениях НОПР необходимо выполнять.

Первоочередные задачи по пожарной безопасности:

1. Перенос и реконструкция авто наливной эстакады светлых нефтепродуктов в районе АБК цеха №10 (несоответствие противопожарного расстояния до АБК и до ж/д путей).

2. Планирование финансирования монтажа систем пожарной автоматики на объектах предприятия, согласно требованиям пожарной безопасности.

3. Нанесение огнезащиты на внутреннюю поверхность юбок колонн для обеспечения 3-х часовой защиты.(рекомендации Сюрвея).

4. Поэтапная замена противопожарного водовода. (рекомендации Сюрвея).

5. Решение проблемы по оперативной замене вышедшего из строя оборудования пожарной автоматики(задержки по включению в работу систем пожарной автоматики доходят до 2-3-х месяцев из-за отсутствия 10% аварийного запаса оборудования пожарной автоматики).

6. Обеспечение переносными газоанализаторами(для проведения огневых работ) руководителей технологических установок и участков (рекомендации Сюрвея).

Проведенный анализ пожарной опасности объектов хранения нефтебазы позволяет предложить следующий ряд мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности.

Технические мероприятия:

1. Усовершенствование системы молниезащиты.

2. Установка крыши закрывающая резервуары от прямого попадания солнечных лучей.

3. Оснащение резервуарного парка, сливо-наливной эстакады и т. д. датчиками сигнализаторов дозрывных концентраций.

4. Установка противопожарных емкостей (резервуаров) на тушение и охлаждение.

5. Разработать для каждого взрывопожароопасного объекта планы тушения пожаров.

6. Содержание обвалования резервуаров в исправном состоянии.

7. Соблюдение минимально допустимых расстояний между зданиями, сооружениями и технологическими установками.

Проведенные на ПАО «Орскнефтеоргсинтез» расчеты, с целью определения соответствия уровня молниезащиты объекта, показали, что существующая система не обеспечивает необходимую надежность защиты от прямых ударов молнии и требует проведения дополнительных мероприятий.

Выходом из сложившейся ситуации может быть одно из следующих решений:

- увеличение высоты существующих молниеотводов;
- увеличение количества молниеотводов и рациональное распределение их по территории резервуарного парка;
- применение молниеприемной решетки взамен существующих молниеотводов.

Радиус защиты молниеприемной решетки, расположенной на крыше защищаемого объекта превышает радиус защиты одиночных молниеотводов. Зона защиты молниеприемной решетки имеет более удачную площадь защиты (в 4-5 раз) и позволяет закрыть большую площадь с большей надежностью.

Противопожарное водоснабжение на объекте защиты организовано в соответствие с СП8.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности» [45].

Основным источником наружного противопожарного водоснабжения на территории ОАО "Орскнефтеоргсинтез" является речной противопожарный

водопровод диаметром 300-400мм, на котором установлено 354 пожарных гидранта. Расстояние между гидрантами не превышает 100 метров.

В качестве резервного источника наружного противопожарного водоснабжения на ОАО «Орскнефтеоргсинтез» применяется хозяйственно-питьевой противопожарный водопровод диаметром 100-250мм, на котором установлено 5 пожарных гидрантов.

2.2 Характеристика взрывопожароопасных участков и технологического оборудования

Цех № 10 ПАО «Орскнефтеоргсинтез» предназначен для приема, хранения и отправки в переработку сырья для изготовления нефтепродуктов (нефть, газовый конденсат), полуфабрикатов для изготовления бензина, дизельного топлива; для приема, хранения и отправки потребителям готовых нефтепродуктов (бензин, реактивное топливо, дизельное топливо, мазут); для приготовления бензинов; для отправки потребителям масел.

Цех № 10 включает в себя участки № 1, 2, 3, железнодорожный участок.

Участок № 1 цеха № 10 включает в себя отделение компаундирования бензинов, отделение хранения и налива темных нефтепродуктов и отделение слива нефти.

Отделение компаундирования бензинов предназначено для приготовления, хранения и перекачки бензинов на эстакады налива и нефтебазу. Отделение хранения и налива темных нефтепродуктов предназначено для хранения и перекачки темных нефтепродуктов на эстакады налива. Отделение слива нефти предназначено для хранения и перекачки нефти и газового конденсата, а также перекачки бензино-газовой смеси. Краткая характеристика технологических отделений участка № 1 цеха № 10, приведена в таблице 2.1

Таблица 2.1 - Краткая характеристика технологических отделений участка № 1 цеха № 10

Технологические отделения	Объекты технологических отделений	Составляющие объектов технологических отделений	Назначение составляющих объектов технологических отделений
1	2	3	4
отделение компаундирования бензинов	резервуарный парк	см.таб.2.2	см.таб.2.2
	насосная № 23	насос Н-1	-перекачка бензина на нефтебазу - перекачка бензина из резерв.на наливные эстакады; - циркуляция бензина
		насосы Н-1А	- перекачка бензина из резерв.на наливные эстакады; - циркуляция бензина
		насосы Н-2, Н-2А	- перекачка бензина из резерв.на наливные эстакады; - циркуляция бензина; - перекачка БГС на уч-к № 2 цеха № 10
		насосы Н-4, Н-4А, Н-5	перекачка бензина из резервуаров на наливные эстакады
	операторная насосной № 23	-----	управление насосами насосной № 23
	операторная бензинового парка	-----	управление производственными операциями, контроль хранения и движения бензина
	насосное оборудование	насос Н-7	перекачка присадок из резервуаров в бензиновые резервуары
отделение хранения и налива темных нефтепродуктов	резервуарный парк	см.таб.2.2	см.таб.2.2
	насосная темных нефтепродуктов	насосы Н-1, Н-2, Н-3, Н-4, Н-5, Н-6	перекачка н/п из резервуаров на ж/д эстакаду налива светлых и темных нефтепродуктов

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
	операторная темных нефтепродукто в	-----	управление производственными операциями, контроль и учет хранения и движения н/п
отделение слива нефти	резервуарный парк эстакады слива нефти	см.таб.2.2	см.таб.2.2
	насосная слива нефти	насосы Н-1, Н- 2	перекачка нефти, газ.конденс. с эстакады слива в резерв. № 446-449
		насос Н-3	- перекачка БГС с эстакады слива в резервуары № 24, 26
		насос Н-6	- перекачка БГС с эстакады слива в резервуары № 24, 26; - перекачка нефти, газ.конденс. из резервуаров № 446-449 на уч-к № 2 цеха № 10
		насосы Н-7, Н- 8	перекачка нефти, газ.конденс. из резервуаров № 446-449 на уч-к № 2 цеха № 10
		насосы Н-4, Н- 5, Н-13	перекачка нефти, газ.конденс. из прямиков в амбар
		насос НЛ (глубинный)	перекачка нефти, газ.конденс. из амбара в ловушечную ёмкость
	операторная слива нефти	-----	управление производственными операциями, контроль и учет хранения и движения нефти и н/п

Сведения о технологических блоках резервуарных парков участка № 1 цеха № 10, приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2 - Технологические блоки резервуарных парков участка № 1 цеха № 10

Основные технологические блоки	Наименование нефтепродукта	Объекты, откуда поступают нефтепродукты в резервуары	Способ поступления нефтепродуктов в резервуары	Объекты, куда уходят нефтепродукты из резервуаров	Способ ухода нефтепродуктов из резервуаров
1	2	3	4	5	6
РВС-2000 м ³ № 18,19 РВС-3000 м ³ № 16,17,114 РВС-5000 м ³ № 33,34,77	бензин	цех 10,уч-к 2	самотек	эстакады налива (ж/д, автомоб.)	насосами Н-1, Н-1А, Н-2, Н-2А, Н-4, Н-4А, Н-5 (насосная № 23)
		установки 35-11/1,2	насосами установки		
РВС-5000 м ³ № 24, 26	Бензин	цех 10,уч-к 2	самотек	эстакады налива (ж/д, автомоб.)	насосами Н-2, Н-2А (насосная № 23)
	БГС	эстакада слива нефти	насосами Н-3, Н-6 (насосная эстакады слива)	цех 10,уч-к 2	
РВС-130 м ³ № 59 РВС-400 м ³ № 45, 46 РВС-580 м ³ № 35, 36	бензиновые присадки	эстакада слива потечных цистерн (светлых н/п)	насосом Н-6 у эстакады слива потечных цистерн (светлых н/п)	резервуары для хранения бензина (№ 16-19, 33, 34, 77, 114, 24, 26)	насосом Н-7 (у насосной № 23)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
РВС-5000 м ³ № 5-11, 81-92	мазут, мотор- ное топливо, топливо печ-ное бытовое	установки АВТ	насосами установок	эстакады налива(ж/д)	насосами Н-1, Н-2, Н- 3, Н-4, Н-5, Н- 6 (насосная темных н/п)
РВС-3000 м ³ № 446-449	нефть, газовый конденсат	эстакада слива нефти	насосами Н-1, Н-2 (насосная эстакады слива)	цех 10,уч-к 2	насосами Н-6, Н-7, Н-8 (насосная эстакады слива)

Участок № 2 цеха № 10 предназначен для приема, хранения и отправки нефти и нефтепродуктов. Участок № 2 цеха № 10 включает в себя резервуарные парки, керосиновую насосную, насосы для перекачки нефти и нефтепродуктов, узлы управления (закрытый и открытые) и другие здания, сооружения, оборудование. Основные технологические объекты участка № 2 цеха № 10 приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 - Основные технологические объекты участка № 2 цеха № 10

Технологические объекты	Состав технологических объектов	Назначение составляющих технологических объектов
1	2	3
резервуарные парки	см. таб. 2.4	прием, хранение и отправка нефти (нефтеловушки) и нефтепродуктов: полуфабрикатов для изготовления бензина, дизельного топлива, а также готового керосина и дизельного топлива.
керосиновая насосная	насос Н-4	перекачка керосина из резервуара в резервуар
	насос Н-6А	для целей пожаротушения

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
закрытый узел управления	трубопроводы с запорной арматурой	управление перекачками насосом Н-8 нефти от поставщика и перекачками диз. топлива летнего с технолог. уст-к в резервуары и из резервуаров на технолог. уст-ки и уч-ки № 1,3 цеха № 10, а также перекачками из резервуара в резервуар
насосное оборудование	насосы Н-7, Н-7А, Н-9;	откачка бензина (прямогонного, катализата) из резервуаров на уст-ку 22-4, а также перекачка из резервуара в резервуар
	насос Н-8	см п. 3
операторная участка	-----	управление производственными операциями, контроль и учет хранения, движения нефти и нефтепродуктов

Сведения о технологических блоках резервуарных парков участка № 2 цеха № 10, приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4 - Технологические блоки резервуарных парков участка № 2 цеха № 10

Основные технологические блоки	Наименование нефтепродукта	Объекты, откуда поступают нефтепродукты в резервуары	Способ поступления нефтепродуктов в резервуары	Объекты, куда уходят нефтепродукты из резервуаров	Способ ухода нефтепродуктов из резервуаров
1	2	3	4	5	6
РВС-10000 м ³ № 389-394	Нефть	УУН СИКН – 428	- насос поставщика - насос поставщика и насос Н-8 (ТСБ)	Установки АВТ	- самотёк; - самотёк и насос Н-8 (ТСБ)
	Газ. конденс.	Цех 10, уч-к 1	- насосами эст. сл.		
	Нефть				
РВС-5000 м ³ № 457-460	Дизельное топливо зимнее	Установка ЛЧ-24-2000 Т-6	- насос. уст-ки	Цех 10, уч-к 3	- самотёк;

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
РВС-5000 м ³ № 399-400	Нефтеловуш ка	Уч-к мех.очистки	- насосами уч- ка	Установки АВТ	- насосами уст-ки
	Нефть	УУН СИКН – 428	- насос. поставщика - насос. поставщика и насос Н-8 (ТСБ)		
		Цех 10, уч-к 1	- насосами эст. сл.		
РВС-5000 м ³ № 266-273	Полуфабрик ат бензина (прямая гонка)	Установки АВТ	- насосами уст- ки	Цех 10, уч-к 1	- самотёк
	БГС	Цех 10, уч-к 1	- насосами уч- ка	22-4	- насос. Н-7, Н-7А, Н-9 (ТСБ)
				22-4	
	Полуфабрик ат бензина (катализат)	Установки 35-11/1,2	- насосами уст- ки	Цех 10, уч-к 1	- самотёк
РВС-5000 м ³ № 409				22-4	- насос. Н-7, Н-7А, Н- 9(ТСБ)
РВС-5000 м ³ № 7,9,10,401,402	Керосин	Установка Т-6	- насосами уст- ки	Цех 10, уч-к 3	- самотёк;
РВС-10000 м ³ № № 385,387	Полуфабрик ат диз. топлива летнего	Установки АВТ	- насос. уст-ки - насос. уст-ки и насос Н-8 (ТСБ)	Установка ЛЧ-24-2000	- самотёк; - самотёк и насос Н-8 (ТСБ)
	Диз.топливо летнее	Установка ЛЧ- 24-2000	- насос. уст-ки - насос. уст-ки и насос Н-8 (ТСБ)	Цех 10, уч-к 3	
РВС-10000 м ³ № 383,384,386,3 88, 395, 396	Диз.топливо летнее	Установка ЛЧ- 24-2000	- насос. уст-ки - насос. уст-ки и насос Н-8 (ТСБ)	Цех 10, уч-к 3	- самотёк; - самотёк и насос Н-8 (ТСБ)
	Топливо печное бытовое				

Участок № 3 цеха № 10 предназначен для осуществления слива поступающего на предприятие сырья для изготовления нефтепродуктов, слива нефтепродуктов из неисправных вагоноцистерн, налива нефтепродуктов в вагоноцистерны и автоцистерны для отправки потребителям.

Участок № 3 цеха № 10 включает в себя:

- железнодорожную эстакаду налива светлых и темных нефтепродуктов, железнодорожную эстакаду налива масел и реактивного топлива;
- железнодорожную эстакаду слива нефти, железнодорожные эстакады слива потечных цистерн светлых и темных нефтепродуктов, автомобильную эстакаду налива бензина и дизельного топлива, автомобильную эстакаду налива реактивного и дизельного топлива;
- автомобильную эстакаду налива мазута.

Эстакада налива светлых и темных нефтепродуктов предназначена для налива нефтепродуктов в вагоноцистерны. Она сооружена из сборных железобетонных элементов. Установлена на бетонных опорах. Длина эстакады 450 м/п., высота 8м., ширина 6м. Эстакада двухсторонняя, не тупиковая. Расстояние между осями ж/д путей 7м. Налив осуществляется открытым способом, под слой нефтепродуктов. На эстакаде может осуществляться одновременный налив маршрута из 50 вагоно-цистерн, емкостью 60 м³ каждая. Количество фронтов налива нефтепродуктов на эстакаде налива светлых и темных нефтепродуктов приведено в таблице 2.5

Таблица 2.5 - Количество фронтов налива нефтепродуктов на эстакаде налива светлых и темных нефтепродуктов

Сторона налива (от станции «Никель»)	Наименование нефтепродукта	Фронт налива нефтепродукта (вагоно-цистерны)
1	2	3
Левая	бензин АИ-92	25
	бензин АИ-95	8
	бензин АИ-98	25

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
	дизельное топливо «летнее»	25
	дизельное топливо «зимнее»	17
Правая	мазут	25
	нефть	10

Эстакада слива нефти предназначена для слива нефти, газового конденсата, бензина газового стабильного из вагоно-цистерн в сливные коллектора самотеком. Эстакада слива нефти сооружена из сборных железобетонных элементов и установлена на бетонных опорах. Длина эстакады 504м., высота 4,5м., ширина 3м. Эстакада двухсторонняя. Расстояние между осями ж/д путей 6м. Эстакада тупиковая. На эстакаде может осуществляться одновременный слив маршрута состоящего из 84 цистерн емкостью по 60 м³ каждая. Объем сливных коллекторов рассчитан на одновременный слив половины емкостей маршрута.

Эстакада налива масел и реактивного топлива предназначена для налива нефтепродуктов в вагоно-цистерны. Она сооружена из сварных стальных элементов и установлена на бетонных опорах. Длина эстакады 52 м., высота 8 м., ширина 6м. Эстакада двухсторонняя, тупиковая. Расстояние между осями ж/д путей 7м. Налив осуществляется открытым способом под слой нефтепродуктов. На эстакаде может осуществляться одновременный налив маршрута из 10 вагоно-цистерн, емкостью 6 м³ каждая. На левой (от станции «Никель») стороне производится налив масел И-40А, И-20А, И-12А, ТМЗ 18К, АУ, М 14В₂, Д 20, М 10Г₂, реактивного топлива с фронтом налива каждого нефтепродукта по 5 вагоно-цистерн. На правой (от станции «Никель») стороне производится налив тех же нефтепродуктов, что и на левой стороне, а также масла И 50А с тем же количеством фронтов налива.

Эстакада слива поточных цистерн светлых нефтепродуктов предназначена для слива светлых нефтепродуктов (реактивное топливо,

дизельное топливо, бензин) из неисправных вагоно-цистерн. Она сооружена из сварных стальных элементов. Длина эстакады 5 м., высота 3 м., ширина 6 м. Эстакада односторонняя, тупиковая. На эстакаде может осуществляться одновременный слив маршрута из 5 вагоно-цистерн, емкостью 60 м³ каждая или 3 вагоно-цистерн, емкостью по 120 м³ каждая.

Эстакада слива потечных цистерн темных нефтепродуктов предназначена для слива мазута, из неисправных вагоно-цистерн. Она сооружена из сварных стальных элементов. Длина эстакады 4 м., высота 3 м., ширина 1,5 м. Эстакада односторонняя, тупиковая. На эстакаде может осуществляться слив из 1 вагоно-цистерны.

Автоэстакада налива бензина и дизельного топлива сооружена из сварных стальных элементов и предназначена для налива нефтепродуктов в автоцистерны. Длина эстакады 16 м., высота 6 м., ширина 2,5 м. Одновременный фронт налива – 5 автоцистерн. На эстакаде может осуществляться одновременный налив бензинов А-76, АИ-92, АИ-95, дизельного топлива летнего.

Автоэстакада налива реактивного и дизельного топлива сооружена из сварных стальных элементов и предназначена для налива реактивного и дизельного топлива зимнего в автоцистерны. Длина эстакады 10 м., высота 6 м., ширина 2,5 м. Одновременный фронт налива – 2 автоцистерны.

Автоэстакада налива мазута сооружена из сварных стальных элементов и предназначена для налива мазута в автоцистерны. Длина эстакады 3 м., высота 4,7 м., ширина 2,5 м. Фронт налива – 1 автоцистерна.

Движение нефти и нефтепродуктов на эстакадах слива-налива участка № 3 цеха № 10 приведено в таблице 2.6

Таблица 2.6 - Движение нефти и нефтепродуктов на эстакадах слива-налива участка № 3 цеха № 10

Наименование эстакады	Наименование нефтепродуктов	Объекты, откуда поступают нефтепродукты на эстакаду	Способ поступления нефтепродуктов на эстакаду	Объекты, куда поступают нефтепродукты с эстакады	Способ поступления нефтепродуктов с эстакады
1	2	3	4	5	6
эстакада слива нефти	нефть	поставщики	ж/д транспортом	уч-к № 1 цеха № 10	насосами участка № 1 цеха № 10
	бензин				
	газовый стабильный				
эстакада налива светлых и тёмных нефтепродуктов	газовый конденсат				
	бензин	уч-к № 1 цеха № 10	насосами участка № 1 цеха № 10	потребители	ж/д транспортом
	мазут				
	дизельное топливо (летнее, зимнее)	уч-к № 2 цеха № 10	- самотек; - самотек и насос Н-8 (ТСБ)		
	реактивное топливо	эстакада налива масел и реактивного топлива	ж/д транспортом	эстакады налива	
автоэстакада налива мазута	мазут	установки АВТ	насосами установки	потребители	автомобильным транспортом
эстакада слива поточных цистерн темных нефтепродуктов	мазут	эстакада налива светлых и тёмных нефтепродуктов	ж/д транспортом	эстакада налива светлых и тёмных нефтепродуктов	насосом (без номера) у эстакады слива

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
автоэста- када налива бензина и дизельног о топлива	бензин	уч-к № 1 цеха № 10	насосами участка № 1 цеха № 10	потребители	автомобильны м транспортом
	дизельное топливо (летнее, зимнее)	уч-к № 2 цеха № 10	- самотек; - самотек и насос Н-8 (ТСБ)		
автоэста- каданаали- вареак- тивного и дизельног о топлива	реактивное топливо	уч-к № 2 цеха № 10	самотек	потребители	автомобильны м транспортом
	дизельное топливо (летнее, зимнее)	уч-к № 2 цеха № 10	- самотек; - самотек и насос Н-8 (ТСБ)		

2.3 Описание технологического процесса

«Нефть на завод поступает по двум нефтепроводам: Казахнефть – Орск и Ишимбайнефть – Орск, а также в железнодорожных цистернах. Нефть через насосную поступает в узел учета нефти, оттуда перекачивается в резервуарный парк. В поступающей нефти содержится значительное количество воды, солей и механических примесей, которые отрицательно сказываются на дальнейшей переработке. Хранение нефти и нефтепродукта осуществляется в 44 стальных вертикальных резервуарах. Из резервуаров нефть поступает по трубопроводам на установки: ЭЛОУ (электрообессоливающая установка) - АВТ (атмосферно-вакуумная трубчатка), ЭЛОУ-АВТ-2, ЭЛОУ-АВТ-3, ЭЛОУ-АТ-5. После переработки готовая продукция перекачивается по трубопроводам в резервуары: с установки Л-24-Т-6 (установка Л-24-Т6 – установка гидроочистки керосиновых фракций, которая предназначена для производства топлива РТ из керосиновых фракций) реактивное топливо, с установки ЛЧ-24-2000-86 дизельное топливо, с установок первичной перегонки нефти прямогонный бензин с установок Л 35-11\300-1, ЛГ 35-11\300-95 и катализатор» [29]. С юго-

запада от установки, на расстоянии 67,2 м. находится ЦРП, ЦРП-1а. С юга от установки вакуумной перегонки мазута, на расстоянии 67,5 м., располагается установка вискбрекинга. С северо-запада в 42м. размещается действующая установка АВТ-3. С севера от установки на расстоянии 42 м. - установка Л-24-Т6, с востока на расстоянии 36м. - установки 37-4 и 39-4. С юго-восточной части - свободная от застройки территория.

Сырье - прямогонный мазут, по трубопроводам подается с установок атмосферной перегонки в резервуары мазута Р-01 и Р-02, предназначенные для хранения и усреднения состава поступающего сырья.

Прежде чем поступить в вакуумную печь П-01, мазут с температурой 80⁰С из резервуаров Р-01 и Р02 подается насосом мазута Н-01А/В в секцию теплообмена сырья для подогрева. Секция теплообмена разработана с целью повышения энергетической эффективности и снижения нагрузки на печь за счет теплообмена между мазутом и различными потоками продуктов и циркуляционных орошений вакуумной колонны.

Мазут подвергается последовательно предварительному нагреву в следующих теплообменниках:

- теплообменник мазут - вакуумный газойль Т-01/1-3;
- теплообменник мазут - гудрон Т-02;
- теплообменник мазут - вакуумный газойль Т-03;
- теплообменник мазут - гудрон Т-04/1,2;
- теплообменник мазут - вакуумный газойль Т-05/1-4;
- теплообменник мазут - гудрон Т-06/1-3.

Продукт, нагретый до 394⁰С из вакуумной печи поступает в зону питания вакуумной колонны К-01 и разделяется в зоне испарения. Пары поступают в промывную секцию, тогда как жидкость направляется в отпарную секцию. Зона испарения работает при остаточном давлении 62 мм. рт. ст.

Пары из зоны испарения поступают в промывной слой регулярной насадки, где они промываются поступающим рециркуляционным потоком горячего вакуумного газойля. Затемненная фракция собирается на выводной

полуглухой тарелке и перекачивается насосом Н-03 А/В в отпарную зону колонны.

Жидкость из промывной секции подвергается отпарке водяным паром для снижения температуры в зоне промывки и для полного испарения вакуумного газойля. Гудрон из зоны отпарки отбирается насосом гудрона Н-02 А/В и подается в секцию теплообмена через фильтр гудрона Ф-01 А/В. Гудрон проходит через теплообменники мазут-гудрон Т-06/1-3, Т-04/1,2 и Т-02, где он отдает тепло сырьевому мазуту. После теплообменника Т-04/1,2 гудрон разделяется на рециркуляционный квенч и продуктовый гудрон. Квенч возвращается в вакуумную колонну К-01 при контроле расхода с коррекцией по температуре отводимого кубового продукта колонны. При нормальном режиме работы, гудрон после теплообменника Т-02 имеющий температуру 180⁰С с регулированием по уровню в колонне направляется на установку висбрекинга. Также предусмотрен совместный вывод гудрона на установки висбрекинга и производство битумов, при контроле расходов с коррекцией по уровню гудрона в кубе. При автономной работе секции вакуумной перегонки мазута, гудрон после теплообменника Т-02 смешивается с балансным расходом вакуумной дизельной фракции и выводится с установки в качестве топочного мазута марки М -100 по отдельной линии.

Вакуумный газойль отбирается со сборной тарелки, и откачивается насосами вакуумного газойля Н-04 А/В. Откачиваемый вакуумный газойль разделяется на два потока. Первый поток поступает назад в колонну в качестве промывного продукта. Расход контролируется с помощью контура регулирования расхода. Второй поток направляется в теплообменники, где он нагревает мазут в теплообменниках мазут - вакуумный газойль Т-05/1-4, Т-03 и направляется в генератор пара среднего давления Т-07/1,2.

Пройдя генератор пара среднего давления Т-07/1,2, поток вакуумного газойля разделяется на два потока. Первый - продуктовый поток вакуумного газойля с установки проходящий через генератор пара низкого давления Т-08, теплообменник мазут-гудрон Т-01/1-3 и воздушный холодильник вакуумного

газойля ВХ-02 выводится на установку гидрокрекинга вакуумного газойля. Расход вакуумного газойля контролируется контуром расхода с коррекцией уровня на сборной тарелке. Температура выводимого вакуумного газойля после аппарата воздушного охлаждения регулируется путем изменения частоты вращения электродвигателей.

Второй поток проходит через генератор пара низкого давления Т-09 и поступает в колонну в качестве нижнего циркуляционного орошения. Расход нижнего циркуляционного орошения контролируется контуром регулирования расхода.

Температура нижнего циркуляционного орошения на выходе из генератора пара низкого давления Т-09 поддерживается с помощью контура регулирования связанного с байпасом теплообменника. Контур при помощи клапанов, работающих в «оппозитном» режиме, обеспечивает требуемое соотношение расходов потоков для обеспечения заданной температуры после теплообменника Т-09.

Вакуумная дизельная фракция отбирается со сборной тарелки ниже слоя регулярной насадки и откачивается насосом вакуумной дизельной фракции Н-05 А/В. После насоса вакуумной дизельной фракции поток разделяется на поток горячего орошения и продуктовую вакуумную дизельную фракцию. Горячее орошение вакуумной дизельной фракции при контроле расхода возвращается на слой регулярной насадки, с коррекцией температуры на насадке. Поток продуктовой вакуумной дизельной фракции поступает в аппарат воздушного охлаждения ВХ-01. Температура после аппарата воздушного охлаждения ВХ-01 регулируется путем изменения частоты вращения электродвигателей. После аппарата воздушного охлаждения ВХ-01, поток разделяется на поток верхнего циркуляционного орошения и на поток продуктовой вакуумной дизельной фракции выводимой с установки. Циркуляционное орошение при контроле расхода с коррекцией температуры поступает в вакуумную колонку.

Продуктовая вакуумная дизельная фракция направляется на границу установки. Расход продуктовой дизельной фракции контролируется контуром регулирования расхода с коррекцией по уровню на сборной тарелке.

При нормальном режиме продуктовая вакуумная дизельная фракция направляется к границе установки. В случае, когда выводимый гудрон не поступает на установку висбрекинга и на установку производства битума, вакуумная дизельная фракция используется для смешивания с гудроном и изготовления мазута марки М-100. Расход вакуумной дизельной фракции на смешивание с гудроном контролируют с помощью контура регулирования расхода, с коррекцией по уровню на сборной тарелке вакуумной дизельной фракции.

Технологическая схема производства продукции приведена на рисунке 2.1



Рисунок 2.1 - Технологическая схема производства продукции

2.4 Ведомственная пожарная охрана и порядок взаимодействия сил и средств Восточного пожарно-спасательного гарнизона.

Выполнение работ по организации предупреждения и ликвидации пожаров и аварий, выполнение связанных с ними аварийно-спасательных работ на ПАО «Орскнефтеоргсинтез» на договорной основе осуществляет общество с ограниченной ответственностью «Защита» (ООО «Защита»), в составе 183 человек, имеющимися силами и средствами, в зависимости от тактических возможностей, исходя из обстановки, сложившейся на пожаре (аварии) в соответствии с порядком привлечения сил и средств, утвержденным начальником Главного управления МЧС России по Оренбургской области.

В составе ООО «Защита» имеются подразделения пожарной части и профессиональное аварийно-спасательное формирование – газоспасательный отряд ООО «Защита» (ГСО ООО «Защита»).

Места дислокации ООО «Защита»: основное подразделение базируется на расстоянии 500м. от ПАО «Орскнефтеоргсинтез» и одно отделение пожарной части ООО «Защита» находится непосредственно на территории охраняемого объекта, время прибытия составляет 2-3 минуты.

Способы оповещения о пожаре или аварии:

- прямая телефонная связь с технологическими объектами предприятия;
- автоматические системы пожарной сигнализации;
- ручные пожарные извещатели.

В боевом расчете пожарной части ООО «Защита» ежедневно находятся 8 пожарных автомобилей, оснащенных пожарно-техническим вооружением, из них:

- пожарные автоцистерны (на шасси КамАЗ, ЗиЛ) – 5 единиц;
- пожарная насосная станция (на шасси Зил-131) ПНС-110 – 1 единица;
- автомобиль рукавный (на шасси КамАЗ) АР-2 – 1 единица;
- автоколенчатый подъемник (на шасси КамАЗ) АКП-30 – 1 единица.

В резерве находятся 5 пожарных автомобилей:

- пожарные автоцистерны (на шасси КамАЗ, ЗиЛ) – 4 единицы;
- автоподъемник пожарный на гусеничном ходу АТС-59 – 1 единица.

На предприятии создано нештатное аварийно-спасательное формирование (НАСФ) из числа работников завода, численностью 154 человека.

В утвержденном генеральным директором 30 июля 2014г. «Положении о нештатном аварийно-спасательном формировании ПАО «Орскнефтеоргсинтез» определены задачи и функции НАСФ, структура, численность и порядок комплектования НАСФ, права и обязанности членов НАСФ, обязанности администрации по отношению к НАСФ. Утвержден Табель технического оснащения НАСФ ПАО «Орскнефтеоргсинтез». Все члены НАСФ прошли предаттестационное обучение на базе специализированного центра подготовки, имеющего соответствующую лицензию, с последующей аттестацией в установленном порядке.

В соответствии с расписанием выездов Восточного пожарно-спасательного гарнизона, в случае пожара в резервуарном парке ПАО НПЗ «Орскнефтеоргсинтез» пожару присваивается номер (ранг пожара) - «Пожар №3» автоматически, к месту пожара направляются силы и средства в следующем составе: 14 АЦ - с насосами производительностью 40 л/с, 2 АПТ - с насосами производительностью 40 л/с, 2 АР-2, 2 ПНС-110, 1 АТС-59, 1 АЛ-30, 1 АКП-30. При подтверждении повышенного номера «Пожар №3» по распоряжению руководителя тушения пожара личный состав выездов Восточного пожарно-спасательного гарнизона, свободный от несения службы, привлекается к тушению пожара.

«На вооружении пожарной части ООО «Защита» имеется водопенные стволы ЛС-П20У (10 шт.), ЛС-П30У (10 шт.), ЛС-П40У (10шт.), а так же водопенные мониторы зарубежного производства «ANTENOR1500P» (3 шт.) и «ANTENOR 2700 P» (7 шт.). Для подвоза дополнительного пожарно-технического вооружения на место пожара используется как вспомогательная техника ПЧ ООО «Защита», так и техника предприятия.

Проведем сравнение тактико-технических характеристик стволов (мониторов) с ручным приводом для подачи воды и пены низкой кратности зарубежного и российского производства» [29], таблица 2.7

Таблица 2.7 - «Тактико-технические характеристики стволов (мониторов) находящиеся на вооружении пожарной части ООО «Защита»» [29]

Наименование параметра	Значения параметров				
	ЛС-П20У	ЛС-П30У	ЛС-П40У	ANTENOR 1500P	ANTENOR 2700 P
1	2	3	4	5	6
Рабочее давление, кгс/см ²	6,0 ... 8,0			6,0 ... 8,0	
Расход воды/водного раствора ПО, л/с	20	30/25	40/30	28,3	51,6
Кратность пены	7			6	
Дальность струи (по крайним каплям), не менее:					
- водяной сплошной, м				45	50
- водяной распыленной (при угле факела 300), м	50	55	60		
- пенной сплошной, м	30	33	35		
	35	37	40		
Перемещение ствола, не менее:					
- в вертикальной плоскости, град.	от - 15° до +90°			от 0 до +90°	
- в горизонтальной плоскости, град.	360°			от - 90° до +90°	
Габаритные размеры (Д / Ш / В), мм	540 / 387 / 425			635/625/390	
Масса, кг,	неболее 17			17	18

Сравнивая характеристики можно сделать вывод, что «стволы пожарные лафетные водопенные универсальные переносные, с ручным управлением ЛС-П20У, ЛС-П30У, ЛС-П40У российского производства по тактико–техническим показателям вовсе не уступают, а по некоторым параметрам и превосходят представленные зарубежные аналоги. Но ключевым фактором выбора является цена, стоимость лафетного пожарного ствола ANTENOR производства Франции, различных модификаций более чем в 8 раз превышает стоимость отечественного ЛС-ПУ. Стволы пожарные лафетные переносные универсальные комбинированные, с регулируемым насадком ЛС-ПУ, предназначены для формирования потока распыленной струи огнетушащего вещества с изменяемым углом распыления от прямой компактной струи до защитного экрана (100°)» [29]. Внешний вид ствола ЛС-ПУ приведен на рисунке 2.2



Рисунок 2.2 - Ствол ЛС-ПУ.

Пожарные стволы данного типа «применяются для защиты пожароопасных объектов, тушения пожаров, охлаждения строительных и

технологических конструкций, облаков ядовитых и радиоактивных газов, паров и пылей. Входят в состав ПТВ пожарных автомобилей» [29].

Виды и тактико-технические характеристики пенообразователей, применяемых для целей пожаротушения на ПАО «Орскнефтеоргсинтез» приведены в таблице 2.8

Таблица 2.8 - «Виды и тактико-технические характеристики пенообразователей» [29]

Основные показатели	Пенообразователи общего назначения	Фторированные пенообразователи
	ПО-6НП	"Петрофилм" (FFFP)
1	2	3
Плотность при 20 ⁰ С, кгм ⁻³ , не менее	1,01 103	1,13·103
Кинематическая вязкость при 20 С, мм ² с-1, не более	100	52,1
Температура застывания, С. не ниже	-8	-40
Температура хранения С	+5...+40	-40...+50
Водородный показатель, рН	7,0-10,0	7,2
Концентрация рабочего раствора, % (об.)	6	3 или 6
Гарантийный срок хранения, лет	10	22
Биоразлагаемость	Б/м	Б/м

В соответствие с ФЗ-123 [1], ст. 90, п. 1, «для обеспечения безопасной деятельности подразделений пожарной охраны на объекте предусмотрено наличие:

- пожарных проездов и подъездных путей к зданиям и сооружениям для пожарной техники, совмещенных с функциональными проездами;

- средств подъема личного состава подразделений пожарной охраны и пожарно-технического вооружения на этажи и на кровли зданий и сооружений;
- противопожарного водопровода» [1].

2.5 Противопожарное водоснабжение на объекте

Противопожарное водоснабжение на объекте защиты организовано в соответствии с СП8.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности» [45].

Основным источником наружного противопожарного водоснабжения на территории ОАО "Орскнефтеоргсинтез" является речной противопожарный водопровод диаметром 300-400мм, на котором установлено 354 пожарных гидранта. Расстояние между гидрантами не превышает 100 метров.

В дополнение к противопожарному водопроводу на территории ОАО «Орскнефтеоргсинтез» предусмотрен запас воды в 10 пожарных водоемах, из них:

- 6 водоемов, объемом по 250м^3 каждый;
- 4 водоема, объемом по 600м^3 каждый.

В качестве резервного источника наружного противопожарного водоснабжения на ОАО «Орскнефтеоргсинтез» применяется хозяйственно-питьевой противопожарный водопровод диаметром 100-250мм, на котором установлено 5 пожарных гидрантов.

Изначально забор воды осуществляется из реки Урал от речной насосной станции, в которой расположено 5 насосных агрегатов.

Далее с речного водозабора вода на территорию предприятия поступает по трем стальным трубопроводам диаметрами 600, 800 и 900мм.

Для осуществления различного рода ремонтных работ и выполнения технологических операций речные трубопроводы водяными камерами ВК-33, ВК-33а, ВК-34, ВК-34а, ВК-35, ВК-36, ВК-37, ВК-38 разделены на участки. В водяных камерах расположена запорно-регулирующая арматура.

Ввод на основную территорию предприятия питающих трубопроводов системы противопожарного водоснабжения выполнен в районе маневровых установок комплекса АУТН цеха № 10, через водяную камеру ВК-36.

От водяной камеры ВК-36 направления питающих трубопроводов разделяются на два потока, один поток – на водоблок № 3, второй поток – на водоблоки № 1 и № 2.

Разделение направлений потоков на водоблок № 1 и водоблок № 2 осуществляется в водяной камере ВК-38, расположенной в районе сырьевой насосной установки Л-35-11/300.

Подача воды в общезаводскую кольцевую сеть наружного противопожарного водопровода осуществляется от насосных станций водоблоков № 1 и № 2.

На территории ТСБ вокруг резервуаров проложен кольцевой противопожарный водопровод диаметром 300-400мм. с установленными на нём пожарными гидрантами в количестве 77 единиц. Противопожарный запас воды на ТСБ хранится в двух сообщающихся между собой железобетонных резервуарах объемом 2000м³ каждый.

Вода в противопожарный водопровод подается из железобетонных резервуаров с помощью 2-х насосов (один рабочий, другой резервный) 200Д60 производительностью 720 м³/ч, установленных в пожарной насосной ТСБ. Фактический расход воды из данного водопровода составляет более 270 л/с, что больше требуемого (200 л/с).

От данного водопровода в районе резервуара РВС-5000м³ № 273 подключены два пожарных гидранта, предназначенные для тушения пожара на площадке налива пропана в автоцистерны. Диаметры трубопроводов пожаротушения, проложенные по территории узла налива пропана составляют 100-150мм.

На территории участка механической очистки сточных вод и переработки нефтешлама цеха ВиК расположен кольцевой противопожарный водопровод диаметром 300мм, на котором установлено 28 речных пожарных

гидрантов. Подключение трубопровода выполнено в районе РПГ-255 от водяной камеры ВК-35.

На водоблок № 2 речная вода по трубопроводу диаметром 300мм. поступает в заглубленный пожарный водоем объемом 2100м³, из которого забирается насосами-повысителями для подачи непосредственно в противопожарный водопровод по двум напорным трубопроводам диаметром 400мм.

В насосной водоблока № 2 установлено 5 насосов-повысителей, три из которых (Н-6, Н-7, Н-8) предназначены для забора воды из пожарного водоема и подачу в противопожарный водопровод, а два насоса (Н-10, Н-10А) для обеспечения циркуляции воды в противопожарном водопроводе.

Запорно-регулирующая арматура с электроприводом установлена на приемных и напорных линиях насосных агрегатов Н-6, Н-7, Н-8. Управление электромоторными задвижками осуществляется с пульта управления, расположенного непосредственно у насосных агрегатов.

Запорно-регулирующая арматура на приемных и напорных линиях насосных агрегатов Н-10 и Н-10А с ручным управлением.

При переключении насосных агрегатов с основного на резервный АВР отсутствует. АВР установлен только на весь водоблок № 2 в целом.

Постоянное давление в сети речного противопожарного водопровода на территории предприятия, как правило, составляет 2-3 кгс/см², а при включении насосов-повысителей давление может подниматься до 9 кгс/см².

На водоблок № 1 речная вода по трубопроводу диаметром 300мм. поступает в общий коллектор, из которого забирается насосами-повысителями для подачи непосредственно в противопожарный водопровод.

Включение в работу насосов-повысителей, расположенных на водоблоке № 1 производится по команде начальника смены цеха ВиК.

Кольцевой хозяйственно-питьевой водопровод диаметром 100-250мм. находится в ветхом состоянии и в настоящее время используется в качестве

дополнительного источника противопожарного водоснабжения. На нём установлено 5 пожарных гидрантов.

Из-за ветхости водопровода давление в нём можно повышать только до 3-4 кгс/см².

Изначально забор питьевой воды осуществляется со скважин, расположенных на водозаборе и далее через насосную станцию 2-го подъема (район улицы Щорса) поступает на территорию предприятия.

Подача воды непосредственно в сеть хозяйственно-питьевого противопожарного водопровода на территории ОАО «Орскнефтеоргсинтез» производится при помощи насосных агрегатов, установленных в пожарной насосной № 1 (район ГСО), пожарной насосной № 2 (район ЛОП), а также питьевой насосной (район эстакады налива битума в автоцистерны).

Все пожарные водоемы (за исключением ПВ № 11) подключены к общезаводской сети противопожарного водоснабжения.

Запорная арматура для пополнения водоемов водой расположена в непосредственной близости у каждого пожарного водоема.

Забор воды пожарной техникой из пожарных водоемов осуществляется следующим способом:

- из ПВ $V=250\text{м}^3$ – непосредственно из водоемов;
- из ПВ $V=600\text{м}^3$ – из приемных колодцев $V=0,5\text{м}^3$.

Согласно Акту практического определения нормативной водоотдачи на цели пожаротушения речного противопожарного водопровода ПАО «Орскнефтеоргсинтез» (от 16.09.2017г) общий расход воды составляет - 451,5 л/сек.

2.6 Анализ пожаров на объекте

За последние 5 лет на ПАО НПЗ «Орскнефтеоргсинтез» произошло два пожара. Первый случился в 2013 году на установке ЭЛОУ АВТ-3, находившейся на капитальном ремонте. В результате пожара огнем была повреждена обшивка колонны на площади 10 м². Возгорание произошло ипо

причине разгерметизации оборудования и попадания остатков нефтепродуктов на обшивку колонны. Пожар был ликвидирован в течение 24 минут силами Орского гарнизона пожарной охраны, с минимальным ущербом. Второй пожар произошел на этой же установке в 2017 году. Причиной пожара явилось размораживание отвода на трубопроводе бензина, при осуществлении пусковых работ в зимнее время.

«В имеющихся и строящихся в настоящее время резервуарных парках должны выполняться следующие требования:

- они должны быть оснащены пожарной частью с профилактическими работниками и дежурным караулом на основных и специальных автомобилях;
- на их территориях должен находиться необходимый запас рукавов, лафетных и пенных стволов;
- вблизи резервуарного парка должен быть трехкратный запас пенообразователя, рассчитанный для тушения резервуара с наибольшей емкостью и горения разлива жидкости в обваловании вокруг него;
- вышки, высотой 10-12м., предназначенные для ствольщиков, должны быть оборудованы лафетными стволами с подводом к ним воды и раствора пенообразователя, а также иметь дистанционное автоматическое управление ими;
- целесообразно на тушение подавать пену низкой кратности (5-10) с концентрацией раствора 3-6%;
- время аварийной откачки нефтепродукта из горящего резервуара должно быть меньше времени израсходования запаса воды, хранящегося в резервуарном парке для выполнения всех видов работ по тушению, охлаждению, защите и обеспечению последующей безопасности при проведении ремонтных работ;
- целесообразно одновременно с тушением в резервуаре проводить откачку из него горящего нефтепродукта.
- необходимо нанесение огнезащиты на внутреннюю поверхность юбок колонн, для обеспечения их 3-х часовой защиты.

Наиболее эффективными способами тушения возгораний внутри резервуаров являются:

- подача пены через установленные на них стационарные пенные камеры с отражателем на стенке;
- введение пены под слой горючего у основания резервуара через стационарные сухотрубы (пенопроводы) или существующие продуктовые линии» [29, 36].

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ, АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

3.1 Определение скорости растекания водной пленки по поверхности углеводорода

Методика направленного регулирования как огнетушащих параметров, так и пленкообразующей способности пены, заключается непосредственно в изменении физико–химических свойств пены. «На данные свойства влияют и состав пенообразующей композиции и структура пены. Огнетушащая эффективность пены связана с изолирующей способностью пены, которая в свою очередь зависит от способности водной пленки, выделившейся из пены, самопроизвольно растекаться по углеводороду, и характеризуется скоростью растекания. Чем меньше пара проникает через пенный слой, тем выше изолирующая эффективность» [9]. Предполагается, что «если пена, выделяющая пленку с высокой скоростью растекания, термодинамически пассивна к самому углеводороду, то это значит и менее подвержена загрязнению. Двойной электрический слой на разделе фаз с воздухом характеризуется преимущественно величиной электрокинетического потенциала, именно который и является дополнительным фактором стабилизации пены. Концентрация поверхностно–активных веществ, степень их диссоциации и способность к адсорбции оказывают влияние на параметры двойного электрического слоя. Особенность тушения пленкообразующей пеной состоит в том, что чем выше скорость растекания водной пленки, тем большую поверхность она способна покрыть. В связи с тем, что пленка выделяется в результате синерезиса пены, то степень покрытия поверхности углеводорода пленкой зависит от степени покрытия пеной» [9]. Концентрируя внимание на все выше перечисленные параметры, можно сделать вывод, что тем самым

обеспечивается соразмерность пенообразующей и пленкообразующей способности пены.

Согласно исследованиям, проведенным и описанным в работе Бузюк В.В., «изначально предполагалось, что водная пленка равномерно растекается по поверхности горючей жидкости. Исследования основывались на принципе того, что углеводороды не обладают электропроводностью, а водная пленка на их поверхности электропроводностью обладает. Предложенное приспособление представляло собой двух электродную систему - ячейку с блоком умножения исходной величины (электропроводности водной пленки) на коэффициент корреляции. Ячейка состоит из двух сообщающихся частей, корпус изготавливается из органического стекла. Роль электродов выполняют два вертикально расположенные друг напротив друга металлических стержня, находящиеся в начале первой части. После заполнения ячейки гептаном во вторую часть ячейки помещается воздушно-механическая пена. Водная пленка, выделившаяся в результате синерезиса пены, растекается по поверхности гептана, происходит замыкание металлических электродов. Так как со временем при растекании увеличивалась площадь контакта водной пленки с металлическими пластинами и увеличивалась величина электрической проводимости» [9].

В исследовательской части работы Бузюк В.В. [9], приводится, что «в ходе экспериментов возникла проблема определения времени, за которое собственно водная пленка растечется по поверхности гептана полностью. Обусловлено это тем, что даже после полного растекания, происходило увеличение толщины слоя водной пленки и как следствие, увеличение электропроводности. Потому момент полного растекания определялся чисто визуально. Излишек раствора, образовавшийся в результате синерезиса пены, может растекаться по дну ячейки и замыкать контакты, поэтому для сбора выпавшего раствора создаются сливные отстойники. Когда пленка только выходит за пределы второй части ячейки происходит резкое увеличение электропроводности между электродами, причем значение этого изменения

составляет от 20 до 25% от конечного результата. Это взаимосвязано с влиянием на показания электропроводности между пластинами, проводимости самой воздушно-механической пены, которая, как правило, зачастую выходит непосредственно за пределы второй части ячейки» [9].

Используя устройство, описанное выше, нельзя было точно определить скорость растекания, если с изменением передней кромки водной пленки происходит ее разрушение на площади углеводорода, которая либо уже была накрыта пленкой, либо пленка распространялась неравномерно.

Учитывая эти нюансы, Бузюк В.В. [9], «спроектировано приспособление, дающее возможность измерить скорость растекания равномерно, и неравномерно растекающейся водной пленки непосредственно из воздушно-механической пены низкой кратности. Изобретение являет собой двух электродную систему – ячейку с блоком измерения исходной величины (электрической емкости) и регистрации ее изменения во времени при помощи компьютера. Каркас ячейки выполнен из органического стекла. Внутри ячейка состоит из двух сообщающихся частей, расположенных на различных горизонтальных уровнях. В первой части, основной, горизонтально размещены выровненный водно–солевой раствор и гептан над ним. Гептан, по принципу сообщающихся сосудов, находится в обеих частях ячейки. В начале и в конце прибора стоят металлические электроды. Первый металлический электрод опущен в водно–солевой раствор, а нижняя часть второго металлического электрода соприкасается с поверхностью гептана. Воздушно-механическая пена помещается непосредственно во вторую часть ячейки, контактируя с металлическим электродом. Лишний раствор, образующийся в результате синерезиса ВМП, стекает в отстойники. Для исключения попадания пены в другую часть ячейки имеется ограничительный барьер, который размещен на расстоянии 0,006 м. от поверхности гептана. Выделившаяся из пены водная пленка, распространяется по поверхности углеводорода. Емкость измеряется между двумя, горизонтально выровненными друг напротив друга электродами, одним из которых является водно–солевой раствор, другим водная пленка.

Определено, что происходит увеличение электрической емкости, пропорционально увеличению площади углеводорода, покрытого пленкой» [9].

Пример определения скорости растекания водной пленки методом графического дифференцирования приведен на рисунке 3.1

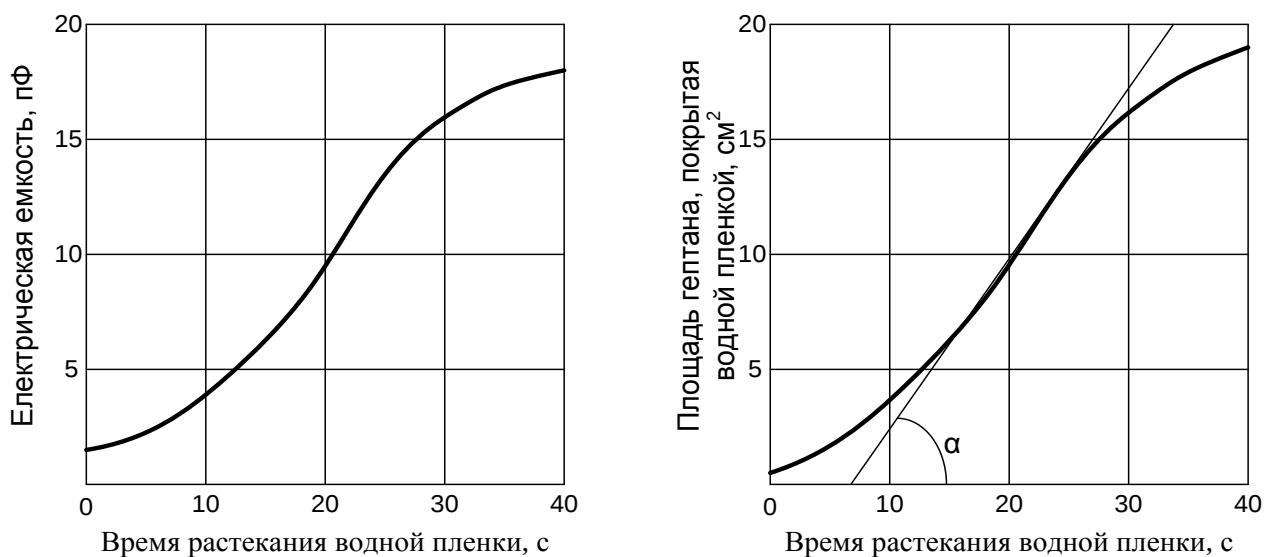


Рисунок 3.1 – «Определение скорости растекания водной пленки методом графического дифференцирования: а) график зависимости электрической емкости изменяющейся в результате растекания водной пленки по поверхности углеводорода во времени; б) график зависимости увеличения площади поверхности углеводорода, покрытой водной пленкой во времени» [9].

«Определяя скорость растекания водной пленки из ВМП низкой кратности, обязательно следует учитывать кратность исследуемой пены, так как, на скорость растекания влияет процесс выделения жидкой фазы из дисперсной структуры, сопровождающееся уменьшением объема (синерезис)» [9].

В работе Бузюк В.В. [9], «разработано дополнительное устройство. Устройство представляет собой непосредственно емкость в форме прямоугольного параллелепипеда. Раствор ПАВ выделяется из емкости через две дюзы. Необходимо также учитывать количество выделяющейся жидкости, и процесс формирования пленки. Расход определяется уровнем раствора в емкости. Если устройство установить строго вертикально поверхности гептана то выделившийся раствор упадет на дно ячейки. Поэтому устройство

устанавливается под углом 120° к поверхности гептана» [9]. Полученные данные исследований представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – «Результат экспериментов по определению скорости растекания пленки из водного раствора содержанием углеводородного компонента С» [9]

Концентрация углеводородного компонента (% масс)	Концентрация фторированного компонента (% масс)	Скорость растекания водной пленки по поверхности гептана мм /с
1	2	3
0,24	0,082	1,34
0,24	0,082	1,15
0,24	0,082	1,35
0,24	0,082	1,25
0,24	0,082	1,27
0,24	0,082	1,10

Данные, полученные в ходе анализа, представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – «Результаты экспериментов определения скорости растекания водной пленки из водного раствора содержанием углеводородного компонента С и фторсинтетического компонента «Fluortensid II» [9]

Количество измерений, n	6
Скорость растекания водной пленки, из ВМП низкой кратности, по поверхности гептана (среднее арифметическое), см /с	1,24
Среднее квадратическое отклонение среднего значения скорости растекания водной пленки, из ВМП низкой кратности, по поверхности гептана, $\text{см}^2/\text{с}$.	0,1007
Доверительный интервал истинного значения скорости растекания водной пленки, из ВМП низкой кратности, по поверхности гептана с надежностью 95%, $\text{см}^2/\text{с}$	0,197
Относительная погрешность измерений скорости растекания водной пленки, из ВМП низкой кратности, пены по поверхности гептана, %	15,88

3.2 Определение электрокинетического потенциала в модельных пенных пленках

С целью определения электрокинетического потенциала в модельных пенных пленках, требуется воссоздать процесс течения жидкости в пленке под действием электрического поля. Этот процесс подробно описал Бузюк В.В. в своей работе [9], в которой им были «проведены эксперименты, позволяющие визуально наблюдать процесс электропереноса в пленке при наложении разности потенциалов» [9].

Итоги исследований по определению электрокинетического потенциала в свободной водной пленке из состава «Sodiumoctylsulphate 42%», представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – «Результаты исследований по определению электрокинетического потенциала» [9]

Концентрация ПАВ, (% масс)	1,000	0,500	0,250	0,125	0,062
Количество измерений, n	45	48	44	44	40
Электроосмотический перенос, (среднее арифметическое), м ³ /Кл	0,557	1,10	2,24	4,06	7,08
Удельная электропроводность водного раствора, См/м×10 ⁻³	135	67,5	33,5	16,7	8,43
Электрокинетический потенциал (среднее арифметическое), мВ	106,3	104,0	104,5	95,8	83,4
Среднее квадратическое отклонение среднего значения электрокинетического потенциала, мВ	4,97	4,05	4,77	4,48	3,69
Доверительный интервал истинного значения электрокинетического потенциала с надежностью 95%, мВ	9,75	7,95	9,35	8,80	7,23
Относительная погрешность измерений электрокинетического потенциала, %	9,17	7,65	8,94	9,17	8,67

Опытами, проведенными Бузюк В.В. [9], было установлено, что «проведение исследований электрокинетических явлений, протекающих в модельной пенной пленке во внешнем электрическом поле, позволяет более глубоко изучить процессы, происходящие в результате адсорбции молекул поверхностно–активных веществ на разделе фаз. Величина электроосмотической активности и электрокинетического потенциала обусловлены особенностями формирования двойного электрического слоя и свойствами поверхностно–активного вещества. По значению электрокинетического потенциала определяется группа, к которой непосредственно принадлежит данное поверхностно–активное вещество, а значит и знак заряда, который приобретает поверхность раствора при адсорбции. Степень диссоциации поверхностно–активных веществ, концентрация, их способность к адсорбции влияют на параметры формирования двойного электрического слоя, что в свою очередь отражается на значении электрокинетического потенциала. Проведены исследования в модельных пенных пленках на основе водных растворов чистых углеводородных поверхностно–активных веществ и чистых фторированных поверхностно–активных веществ на разделе фаз с воздухом» [9]. Результаты расчетов приведены в приложении А. На рисунках 3.2 - 3.7 представлены «графики зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух – водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации различных углеводородных поверхностно–активных веществ в растворе» [9].

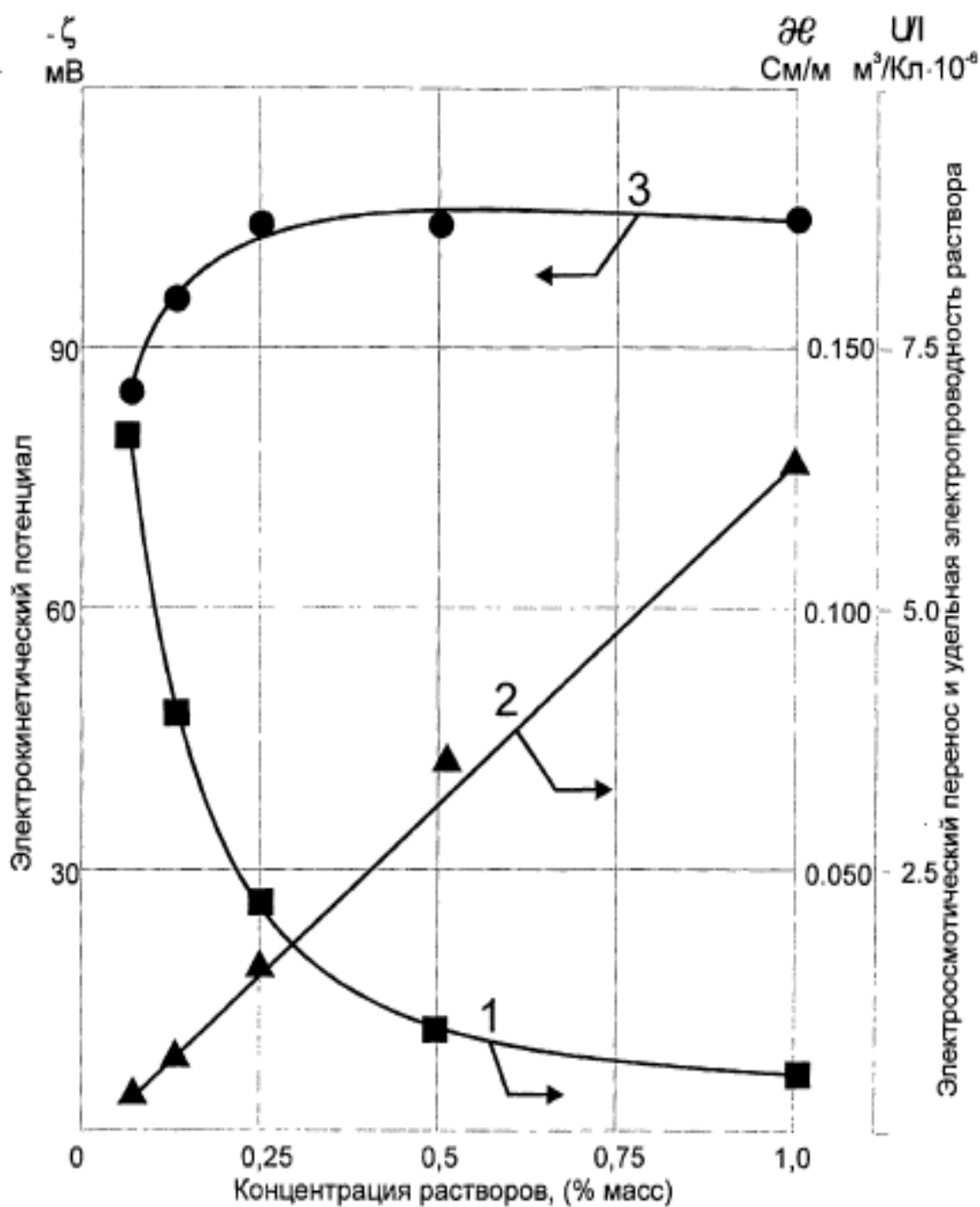


Рисунок 3.2 – «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух – водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации углеводородного поверхностно–активного вещества «Sodiumoctylsulphate» в растворе» [9].

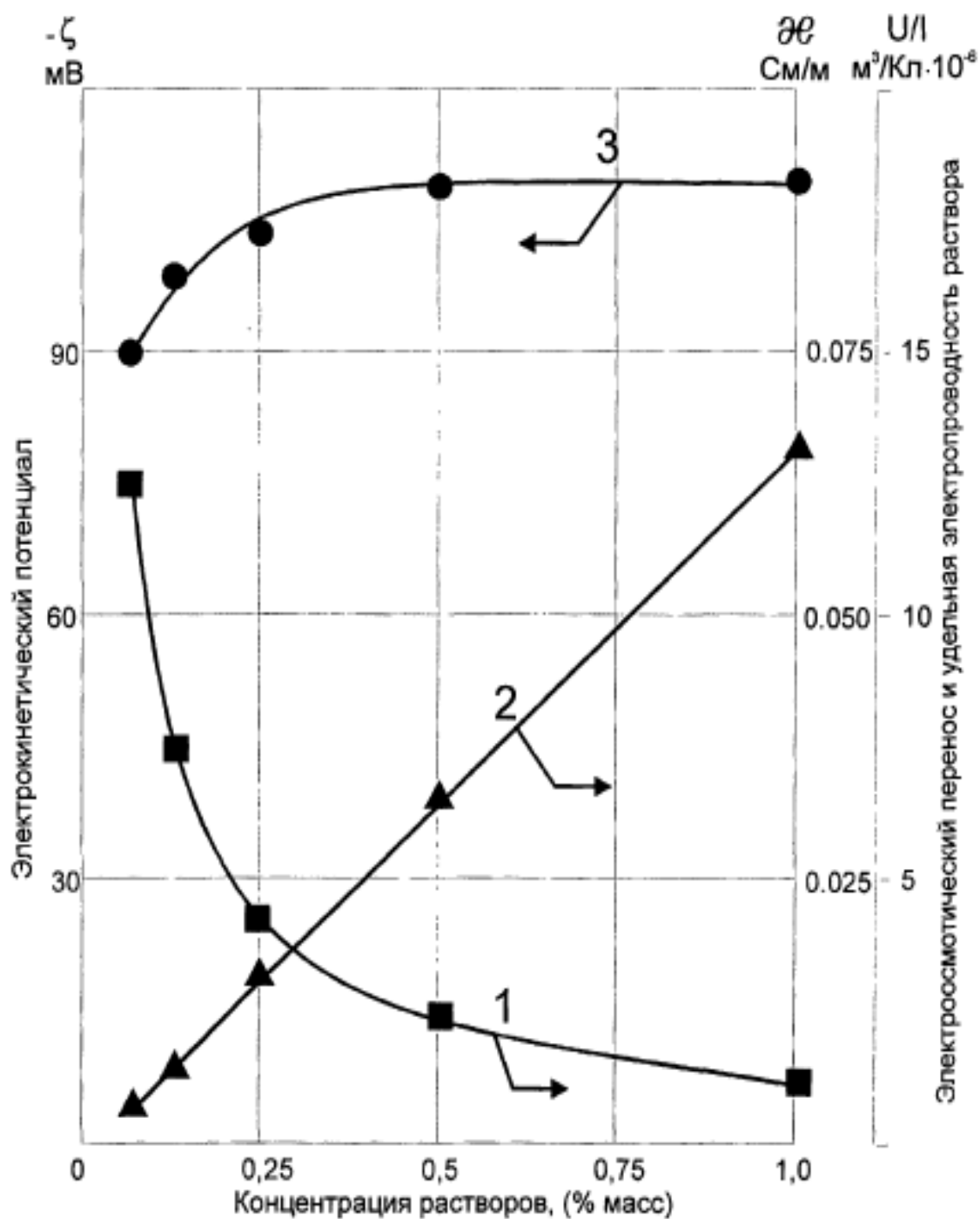


Рисунок – 3.3 «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух – водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации углеводородного поверхностно–активного вещества «С» в растворе» [9].

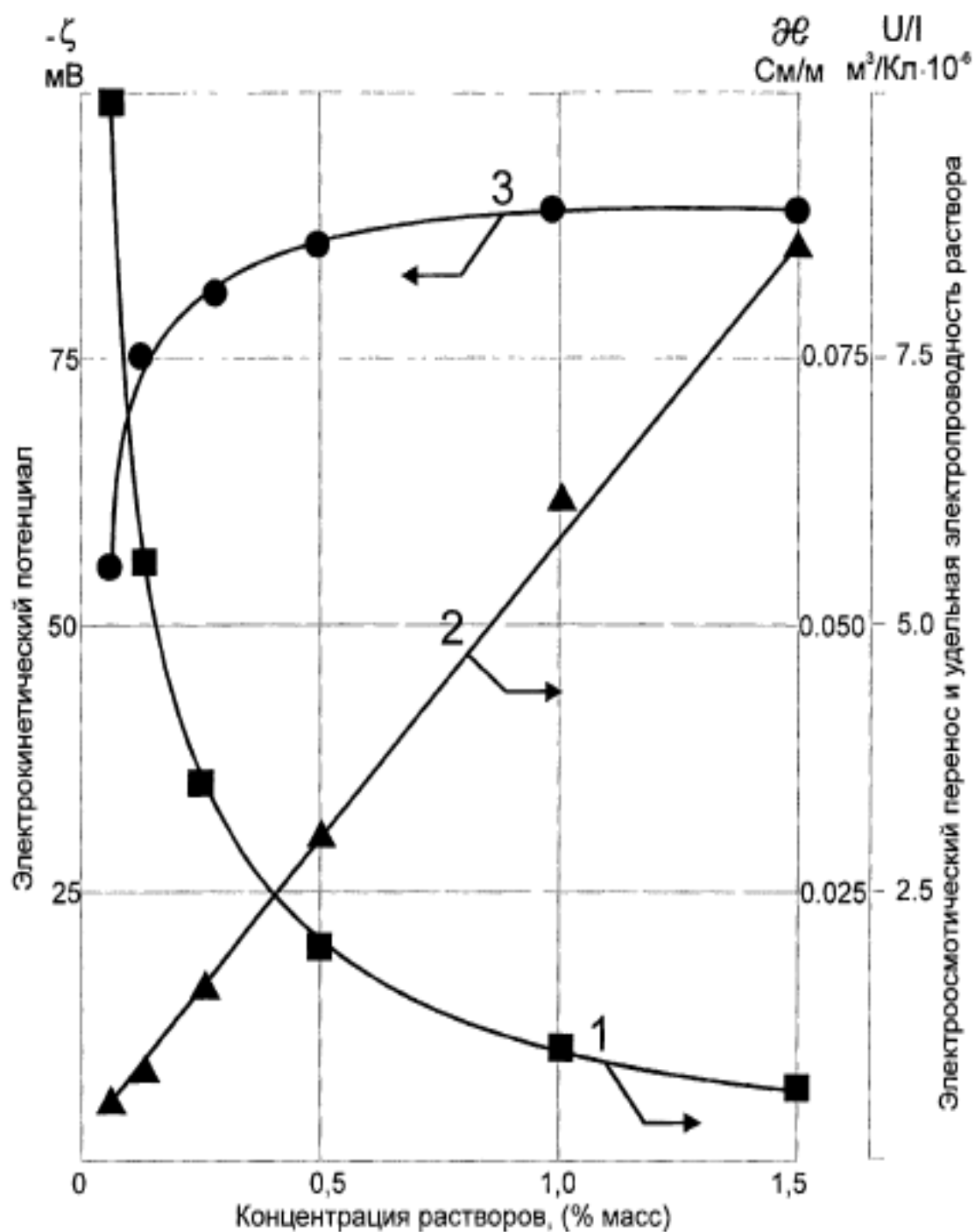


Рисунок 3.4 – «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух – водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации фторсинтетического поверхностно–активного вещества «FC» в растворе» [9].

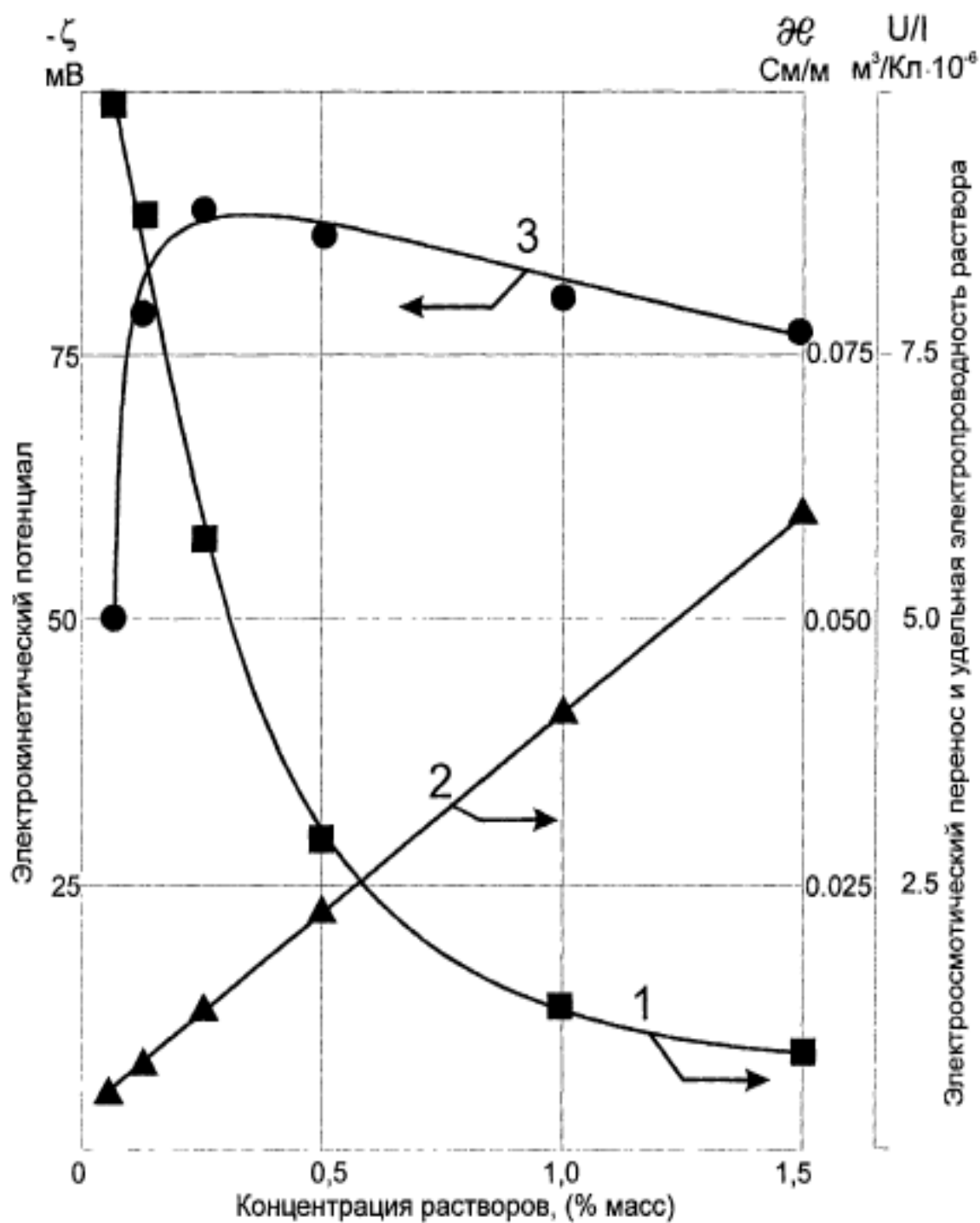


Рисунок 3.5 – «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух–водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации фторсинтетического поверхностно–активного вещества «Fluortensid I» в растворе» [9].

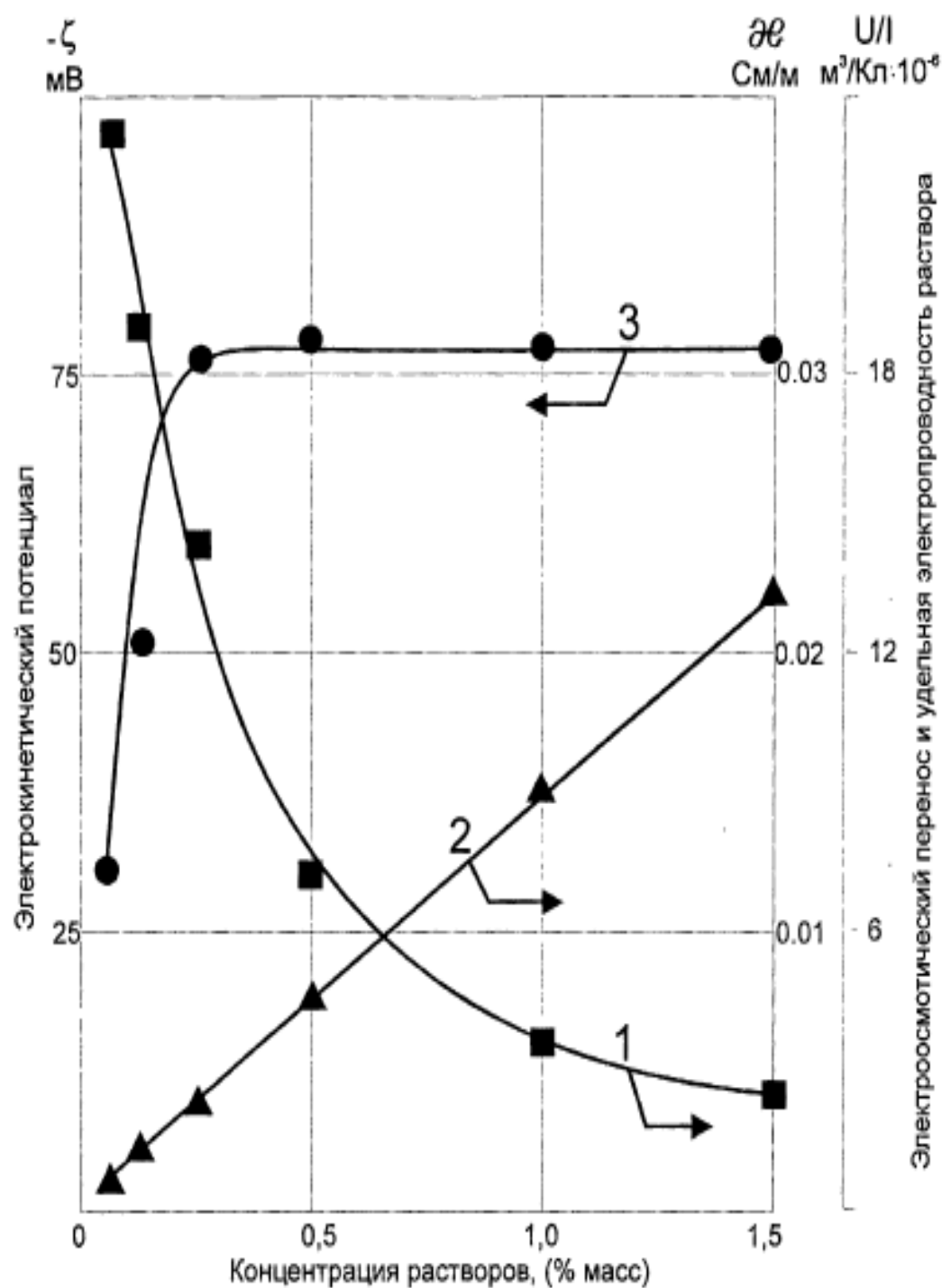


Рисунок 3.6 – «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух – водная пленка – воздух (3) непосредственно от концентрации фторсинтетического поверхностно–активного вещества «F» в растворе» [9].

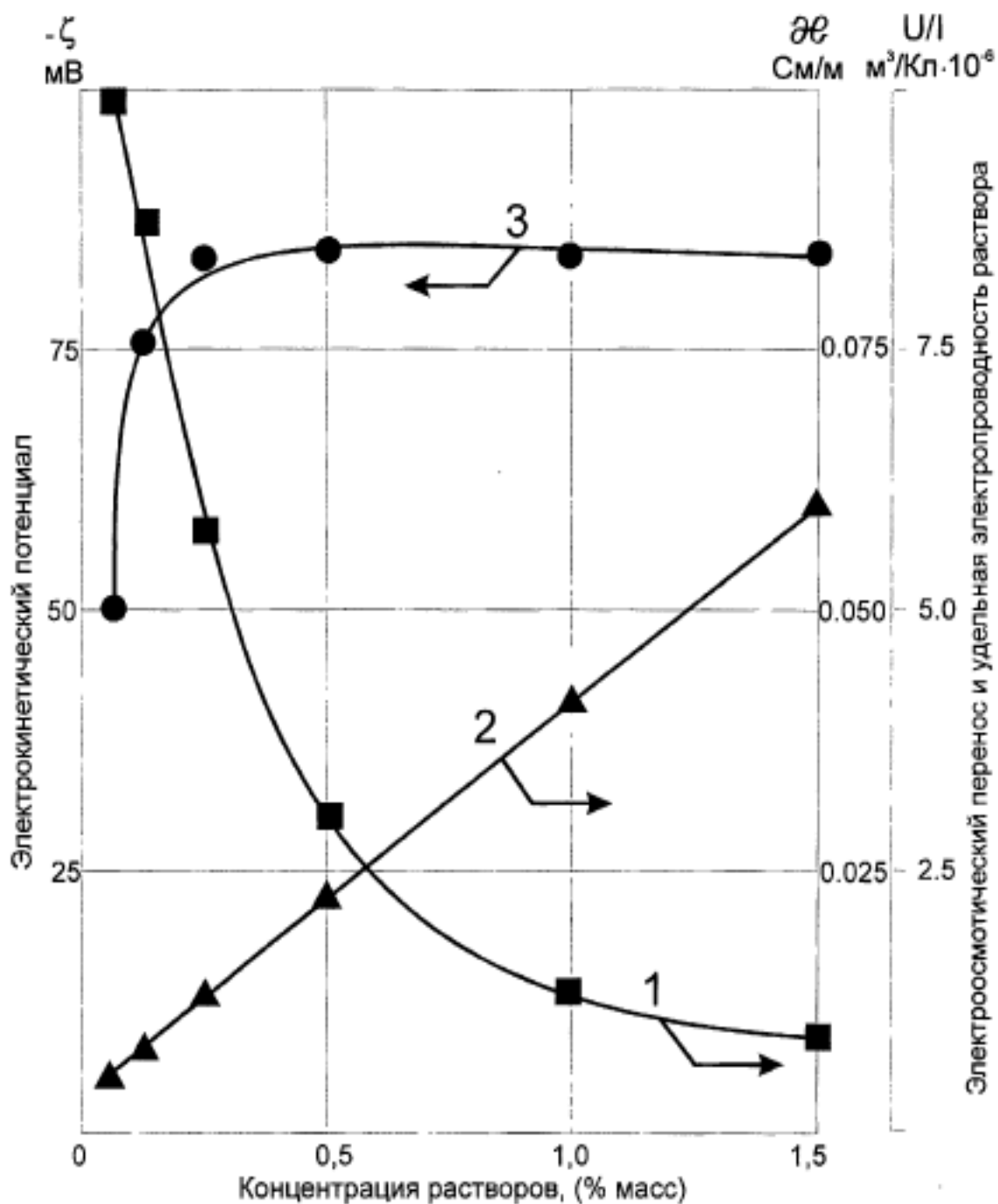


Рисунок 3.7 – «График зависимости электроосмотического переноса жидкости в свободной пленке (1), удельной электропроводности водного раствора (2) и электрокинетического потенциала на разделах фаз воздух - водная пленка - воздух (3) непосредственно от концентрации фторсинтетического поверхностно-активного вещества «F» в растворе» [9].

3.3 Поверхностная активность водных растворов ПАВ

В ходе работы были изучены исследования поверхностно–активных свойств используемых углеводородных ПАВ, проводимые Бузюк В.В. [9] и Битуевым Б.Ж. [23].

Известно, что «как углеводородные ПАВ, так и фторированные ПАВ, в чистом виде довольно редко используются для приготовления огнетушащей пены. Составы из фторированных поверхностно–активных веществ обладают достаточно низкой пенообразующей способностью, из-за высокого значения межфазного натяжения достижение положительного коэффициента растекания раствора по горючему возможно при расходе достаточно большого количества поверхностно–активного вещества. Углеводородные поверхностно–активные вещества непосредственно обладают довольно высокой пенообразующей способностью, однако пена из таких веществ смешивается с горючим и не является пленкообразующей» [9, 23].

В работе Бузюк В.В. [9], «для определения поверхностного и межфазного натяжения с термодинамическим коэффициентом растекания каждого из используемых рабочих растворов строятся изотермы поверхностного и межфазного натяжения с коэффициентом растекания от процентного содержания в смеси углеводородного и фторированного поверхностно–активного вещества. Таким образом, преимущественно определяются системы, которые обладают высокой поверхностной активностью при меньших концентрациях ПАВ, и устанавливается вклад термодинамических величин на пленкообразующую способность пены и на ее огнетушащую эффективность» [9].

На рисунках 3.8 - 3.11 показаны диаграммы, «характеризующие влияние скорости растекания водной пленки из низкократной пены на критическую интенсивность подачи пены, минимальный удельный расход, максимальную удельную скорость тушения гептана» [9].

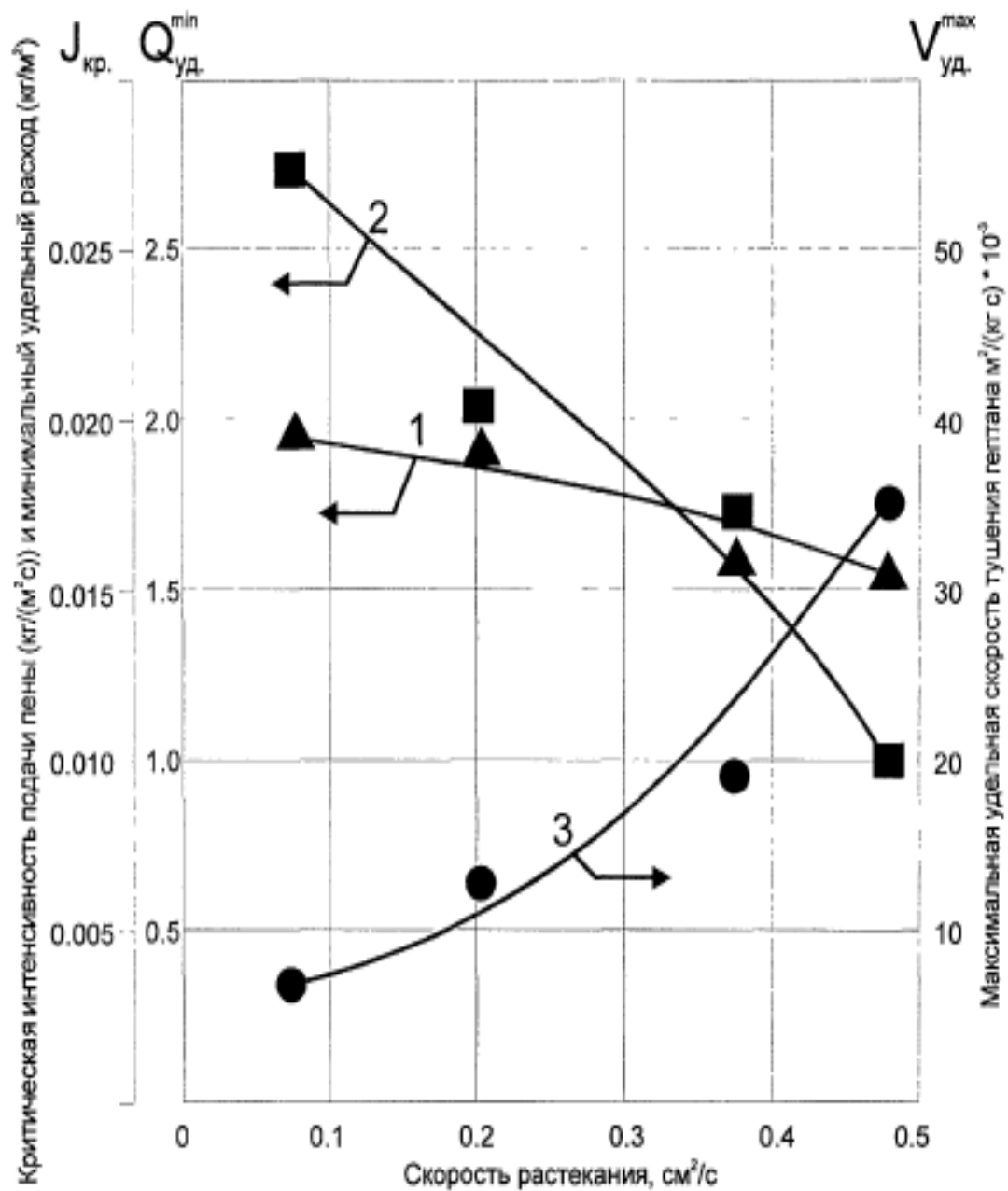


Рисунок 3.8 – «Зависимости критической интенсивности подачи пены (1), минимального удельного расхода (2) и максимальной удельной скорости тушения (3), непосредственно от скорости растекания по поверхности гептана водной пленки из низкократной пены, приготавливаемой из растворов на, основе углеводородного компонента и фторсинтетического» [9].

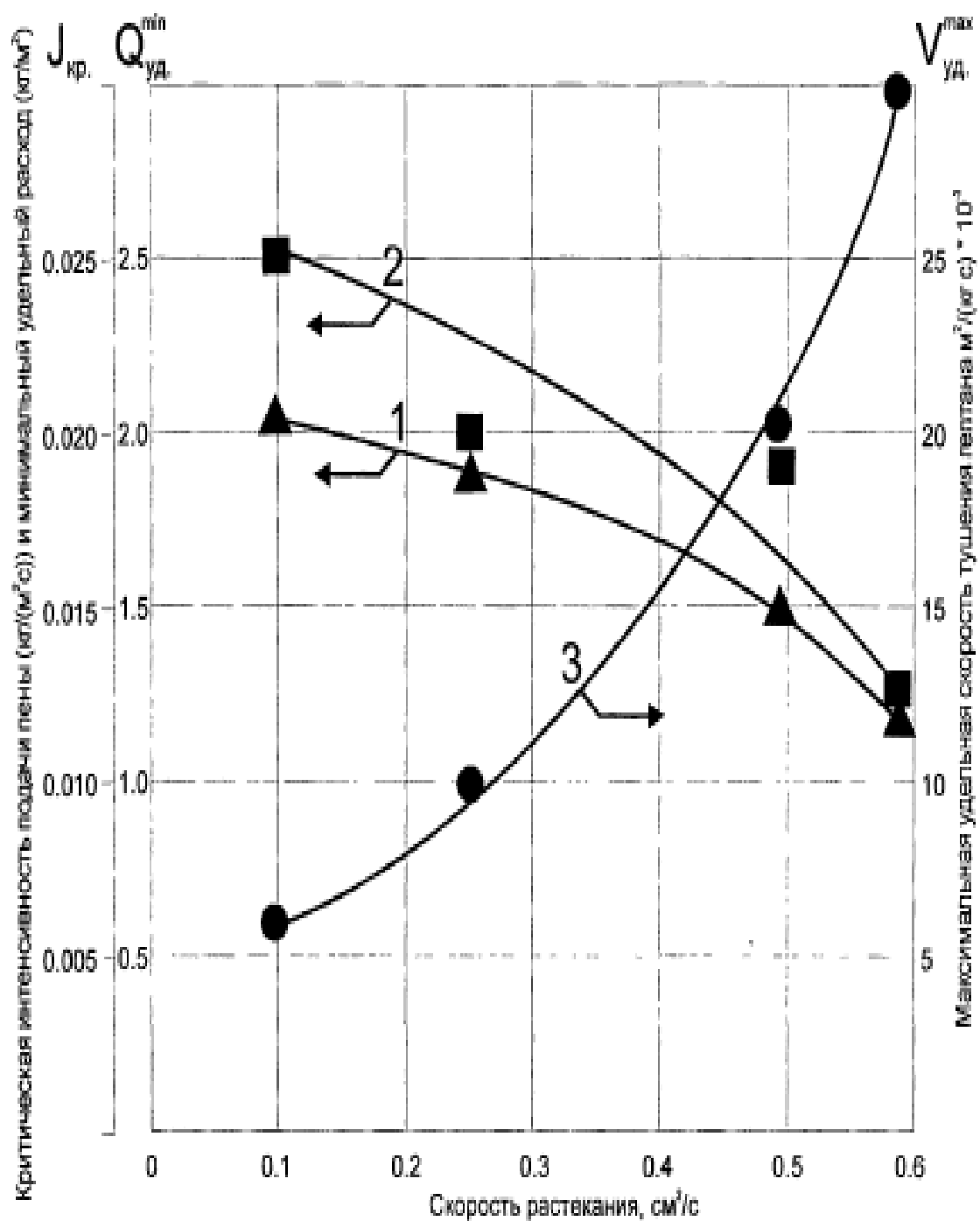


Рисунок 3.9 – «Зависимости критической интенсивности подачи пены (1), минимального удельного расхода (2) и максимальной удельной скорости тушения (3), непосредственно от скорости растекания по поверхности гептана водной пленки из низкократной пены, приготавливаемой из растворов, на основе углеводородного компонента и фторсинтетического» [9].

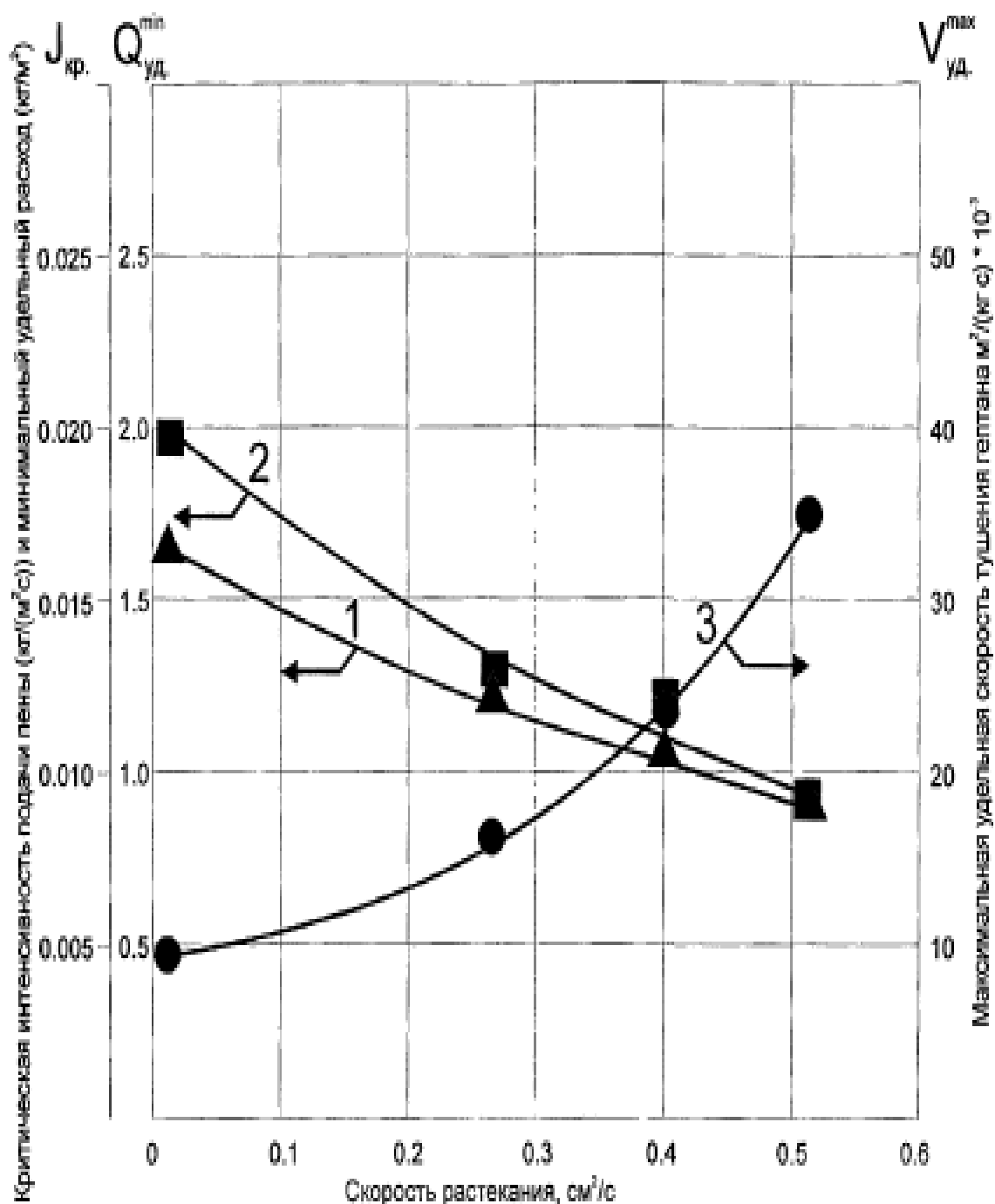


Рисунок 3.10 – «Зависимости критической интенсивности подачи пены (1), минимального удельного расхода (2) и максимальной удельной скорости тушения (3), непосредственно от скорости растекания по поверхности гептана водной пленки из низкократной пены, приготавливаемой из растворов, на основе углеводородного компонента и фторсинтетического компонента» [9].

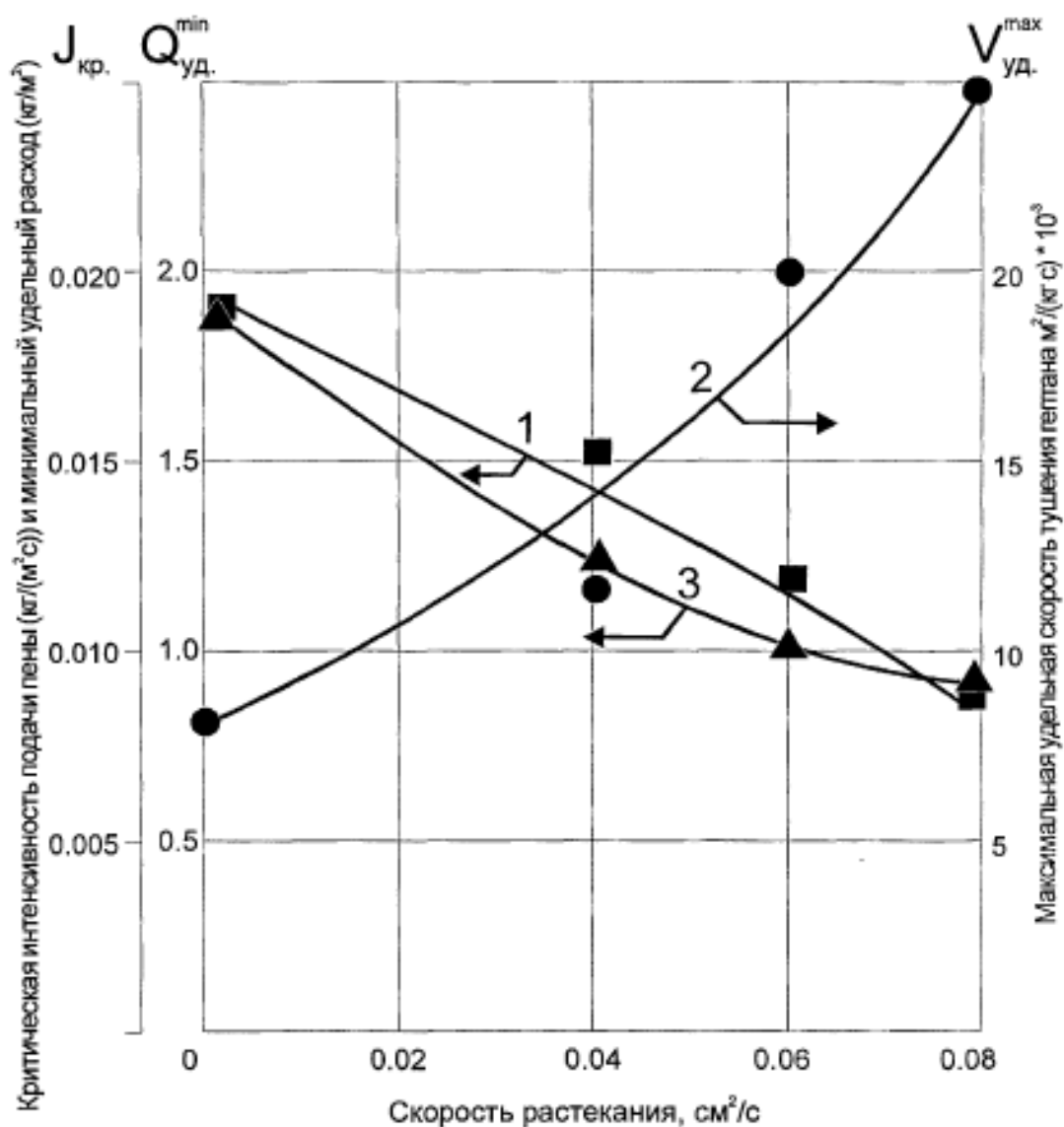


Рисунок 3.11 – «Зависимости критической интенсивности подачи пены (1), минимального удельного расхода (2) и максимальной удельной скорости тушения (3), непосредственно от скорости растекания по поверхности гептана водной пленки из низкократной пены, приготавливаемой из растворов, на основе углеводородного компонента и фторсинтетического» [9].

По графикам достаточно четко можно сказать, что «с увеличением скорости растекания водной пленки по поверхности гептана улучшаются параметры, определяющие огнетушащую эффективность низкократной фтор синтетической пены. Доказано, что «при этом изменения минимального удельного расхода и критической интенсивности подачи пены от скорости растекания происходят более равномерно, чем удельная скорость тушения. А вот удельная скорость тушения увеличивается в геометрической прогрессии.

Если возрастание скорости растекания водной пленки из низко кратной пены приготавливаемой из рабочих растворов на основе углеводородного компонента «С» и фторсинтетического «Fluortensid» II с $0,1 \text{ см}^2/\text{с}$ до $0,25 \text{ см}^2/\text{с}$ приводит к росту удельной скорости тушения пламени гептана на $0,003 \text{ м}^2/(\text{кгс})$, то увеличение скорости растекания с $0,48 \text{ см}^2/\text{с}$ до $0,58 \text{ см}^2/\text{с}$ приводит к росту удельной скорости тушения на $0,017 \text{ м}^2/(\text{кгс})$. Продолжив кривые скорости тушения до оси ординат, которая соответствует скорости растекания $0 \text{ см}^2/\text{с}$, можно определить, что показатель огнетушащей эффективности пены - удельная скорость тушения, для всех исследуемых случаев будет находиться в районе $6-10 \text{ м}^2/(\text{кгс})$. То есть пена, обладающая достаточно высокой термической устойчивостью, но не образующая водную пленку, которая самопроизвольно растекается по поверхности углеводорода, все равно способна тушить пламя горящих углеводородов. Однако рост пленкообразующей способности пены ведет к улучшению огнетушащей эффективности в 5–10 раз, судя по максимальной удельной скорости тушения, и снижению расхода пены на тушение в 1,5–3 раза. Поэтому проведение исследований, направленных на определение пленкообразующей способности низко кратной фтор синтетической пены является необходимым условием поиска наиболее эффективных пенообразующих составов для тушения пламени углеводородов» [9].

«Исследования пленкообразующей способности пены различной кратности, приготовленной преимущественно на основе одного и того же рабочего раствора, направлены на определение влияния кратности пены на скорость растекания водной пленки, образующейся на поверхности углеводорода в результате синерезиса низко кратной фтор синтетической пены» [35].

На рисунках 3.12-3.13 представлены графики, характеризующие влияние кратности пены на пленкообразующую способность пены, которая характеризуется скоростью растекания.

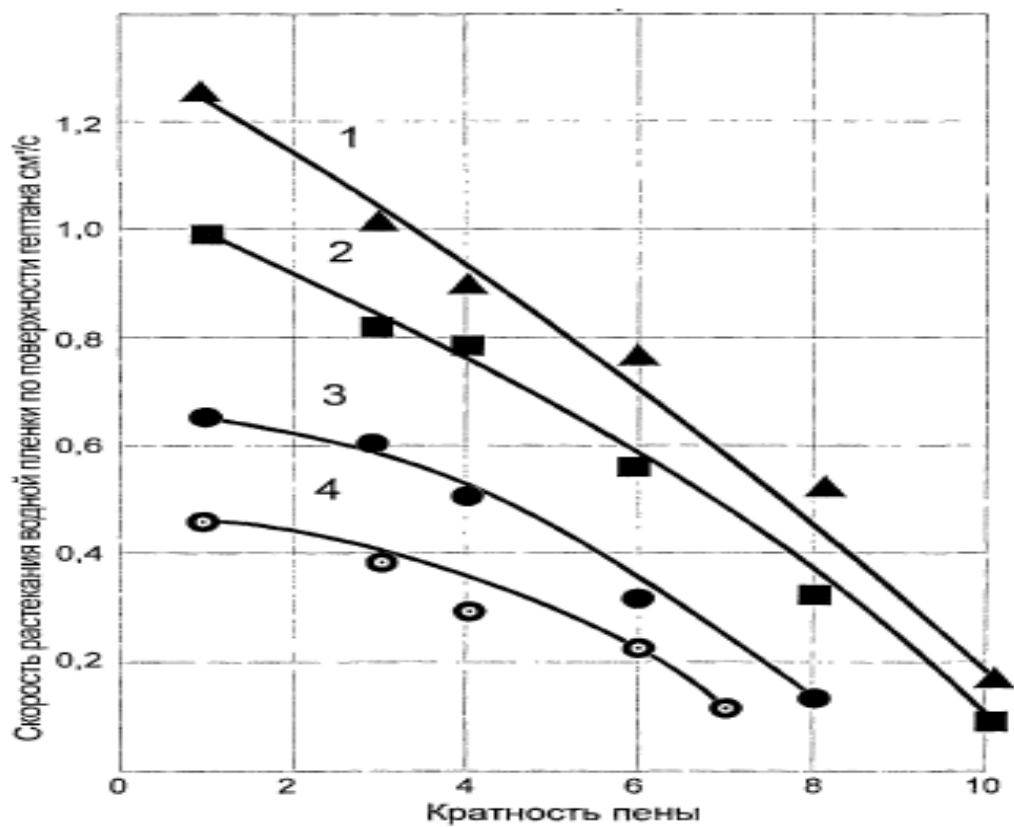


Рисунок 3.12 – «График зависимости скорости растекания водной пленки непосредственно от кратности пены» [9].

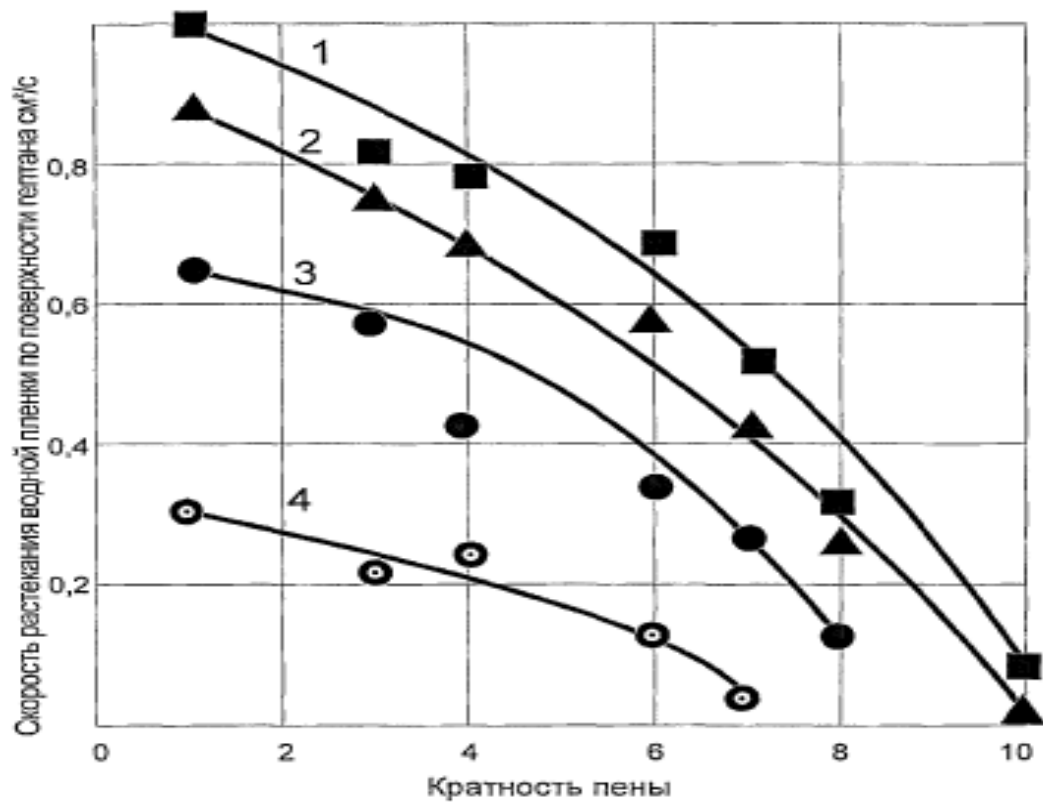


Рисунок 3.13 – «График зависимости скорости растекания водной пленки непосредственно от кратности пены» [9].

На снижение скорости растекания водной по поверхности гептана из пены, приготовленной на основе растворов с высокой пленкообразующей способностью, сказывается увеличение кратности пены в большей степени.

Если скорость водной пленки из раствора поверхностно-активных веществ ниже $0,15 \text{ см}^2/\text{с}$, то лишь при кратности пены более 6 происходит значительное снижение скорости растекания. Это свидетельствует о том, что в данном случае, в процессе синерезиса пены, происходит выделение большего количества жидкости, чем способно растечься по гептану. И лишь когда кратность пены более 6, интенсивность синерезиса такова, что за определенное время из пены выделяется количество раствора способное полностью растекаться по гептану» [9].

3.4 Анализ существующих научных разработок в сфере пенного пожаротушения

«Известно множество традиционных способов пожаротушения, основанных на подаче на поверхность очага горения жидких горючих различных воздушно-механических пен, которые образуются в пеногенераторах при введении в водные растворы пенообразователя воздуха. Вместе с тем все эти простейшие способы обладают низкой огнетушащей эффективностью, требуют больших расходов воды и пенообразователей, а для тушения полярных горючих жидкостей вообще не применяются» [13].

«Одним из наиболее эффективных известных способов пенного тушения пожаров является способ, принятый за прототип, который включает получение и подачу газонаполненной пены на поверхность очага пожара горючей жидкости, при этом в качестве газа, вводимого в раствор пенообразователя, используются хладон, например, бромтрифторметан - хладон 13 В1 и другие бром- и хлорсодержащие хладоны (Авторское свидетельство №198923, СССР, МПК А62С5 / кл. 61в, [12])» [13].

Однако, в настоящее время известно, что все бромхладоны обладают также недостаточно высокой огнетушащей способностью, а с 1994 г., в

соответствии с Монреальским протоколом и дальнейшими решениями международного сообщества, ввиду их озоноразрушающих свойств запрещены к производству и применению.

«Современные экологически безопасные хладоны и их альтернативные огнетушащие составы обладают весьма высокой стоимостью и низкой огнетушащей способностью. В связи с этим при пенном способе пожаротушения требуются повышенные расходы воды, пенообразователя и газов, а устройства и установки пожаротушения обладают высокой материалоемкостью (газовые баллоны, устройства для получения выхлопных газов, многочисленные трубопроводы, запорно-пусковая аппаратура и др.), сложностью, трудоемкостью, высокой стоимостью монтажа и эксплуатации и др.» [13].

Известно изобретение (RU 2620705 C2 A62C 3/06) [13], «относящееся к способам поверхностного пожаротушения горючих жидких веществ пенами и предназначено для использования в пожарной технике и системах противопожарной защиты различных объектов. Способ включает подготовку раствора пенообразователя с дополнительным насыщением его под давлением огнетушащими микронных размеров твердыми частицами соединений щелочных и/или щелочно-земельных металлов, например калия, натрия, кальция, бария, образуемых при сгорании специальных твердотопливных аэрозолеобразующих составов, и подачу в виде наполненной огнетушащим аэрозолем пены по всей поверхности очага пожара, что позволяет снизить расход пенообразователя» [13]. На рисунке 3.14 показан график фактического снижения расхода пенообразователя.

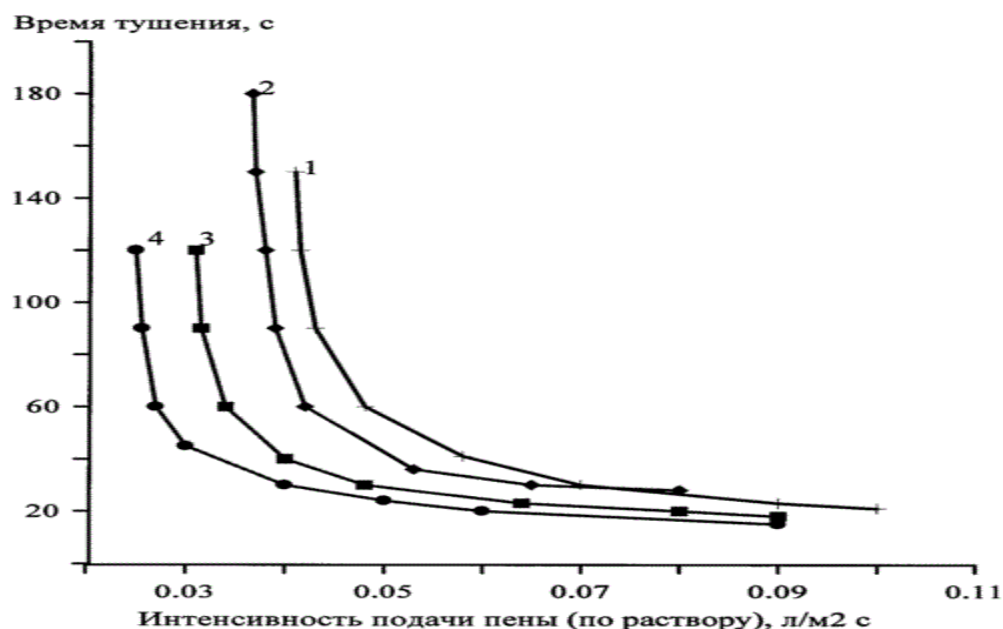


Рисунок 3.14 - «График фактического снижения расхода пенообразователя» [13].

«Предлагаемое изобретение относится к способам поверхностного пожаротушения горючих жидких веществ пенами, включает стадии специальной подготовки пенообразователя, его применения для тушения очагов пожара и предназначено для использования в пожарной технике и системах противопожарной защиты различных объектов.

Целью настоящего изобретения является повышение эффективности пенного пожаротушения горючих жидкостей.

Сущность заявляемого способа заключается в том, что в способе тушения горючих жидкостей, включающем в себя подготовку раствора пенообразователя с насыщением его газами и подачу в очаг пожара образуемой газонаполненной пены, при подготовке раствор пенообразователя дополнительно под давлением насыщают огнетушащими микронных размеров твердыми частицами соединений щелочных и/или щелочно-земельных металлов, например калия, натрия, кальция, бария, образуемых при сгорании специальных твердотопливных аэрозолеобразующих составов, и в виде наполненной огнетушащим аэрозолем пены подают по всей поверхности очага пожара» [13].

Технический эффект, реализуемый заявляемым способом, заключается в «снижении расхода пенообразователя, времени тушения пожара и обуславливается следующим. При подготовке и подаче для тушения пенообразователь под давлением насыщают смесью инертных газов и микронных размеров твердых частиц соединений щелочных и/или щелочно-земельных металлов (аэрозолем), выделяемых при сгорании твердотопливных аэрозолеобразующих составов, что существенно повышает огнетушащую способность образуемой и подаваемой на поверхность очага пожара аэрозоленасыщенной пены. При этом применяются экологически безопасные огнетушащие аэрозоли» [13].

Для подтверждения преимущества и эффективности заявляемого способа тушения горючих жидкостей «проведены испытания на специальной установке по типовой стендовой методике по тушению модельного очага бензина А-76 (металлический противень диаметром 300 мм и высотой 100 мм). В качестве пенообразующего состава использовали 6% водный раствор серийного пенообразователя ПО-1, который заливали в металлическую емкость (газовый баллон). Емкость с рабочим раствором пенообразователя оснащена манометром, герметизируемыми узлами залива и слива пенообразователя, узлами присоединения газовых баллонов с азотом, углекислотой, хладоном и т.п., генератора огнетушащего аэрозоля и трубопроводом с регулировочным краном для подачи газо-(аэрозоле) насыщенного пенообразователя в пенообразующее устройство (лабораторного пеногенератора типа ГПЛ-1 для стендовых испытаний по ГОСТ Р 50588-2012) и далее на очаг пожара» [13].

Согласно полученных результатов, «основные достоинства предлагаемого способа:

а) при подготовке рабочего пенообразователя не требуется громоздкого оборудования и его постоянного тщательного обслуживания (газовых баллонов, запорно-пусковой арматуры, газовых линий, нагнетающих воздух насосов и др.).

б) основные показатели эффективности пенного тушения, такие как время тушения и интенсивность подачи приготовленной пены по заявляемому способу пожаротушения при прочих равных условиях, существенно меньше. Так, при значениях интенсивности подачи (по раствору) пены ($\sim 0,03$ - $0,035$ л/м² с), близких к оптимальным, время тушения уменьшается не менее чем в 3 раза, а при заданном времени - ~ 40 с, близком к оптимальному, расход пенообразователя снижается $\sim 1,3$ раза» [13].

«Повышение эффективности объясняется тем, что при приготовлении раствора пенообразователя в результате сжигания зарядов АОС раствор пенообразователя под давлением насыщают огнетушащими аэрозолями - смесью инертных газов (азот, углекислый газ) и микронных размеров твердых частиц соединений калия, получаемых из АОС, и в виде наполненной огнетушащим аэрозолем пены подают по всей поверхности очага пожара» [13].

Детально анализируя пожары в резервуарах с жидкими горючими веществами, произошедшие как в нашей стране, так и за рубежом, невольно напрашивается вывод, об их недостаточной защищенности от возможного возникновения пожара, об их предрасположенности к быстрому его распространению. Наличие таких факторов влечет за собой возникновение групповых пожаров и усложнение оперативной обстановки на месте их тушения.

Известно, что «пожары на открытых технологических установках протекают в более сложных условиях, чем в производственных зданиях, часто при быстром распространении огня на соседние аппараты и участки они могут принять характер катастрофы с огромным материальным ущербом» [15].

Известен способ защиты резервуаров с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями от взрыва при пожаре и устройство для их осуществления [16]. Способ заключается в том, что «из узла ввода сверху на внутреннюю стенку резервуара подают, по меньшей мере, две горизонтальные струи огнетушащего вещества - пены низкой кратности. Струи подают по стенке резервуара в одну сторону или одновременно по часовой и против

часовой стрелки таким образом, чтобы оси струй не пересекались, при этом огнетушащее вещество подают с напором, обеспечивающим образование на стенке резервуара кольца из огнетушащего вещества. В качестве огнетушащего вещества используют пену низкой кратности или воду, а дополнительно к ним используют огнетушащий порошок, инертный газ, водяной пар, причем в резервуар подают один или одновременно несколько видов огнетушащих веществ» [16].

«Однако, создание на стенках резервуара кольца из огнетушащего вещества при подаче его с напором ограничено пропускной способностью водопроводных сетей, а резкое повышение давления в них приводит к выходу из строя последних. Следует отметить, что для охлаждения стенок горящего и соседних с ним резервуаров достаточно создания кольца водяного орошения. Недостатком данного устройства является то, что при частичном заполнении резервуара пена падает вниз с большой высоты, проходя слой пламени и горячих газов, которые препятствуют быстрому попаданию ее на поверхность нефти или нефтепродуктов. Кроме этого при тушении очага пожара большой площади возможности равномерного распределения пены с помощью этого способа довольно ограничены без ее перерасхода» [15].

Известно устройство для тушения пожара в резервуаре [17], принятое за прототип заявляемого устройства, предназначенное для формирования потока раствора пенообразователя. Данное устройство «содержит трубопровод подачи пенообразующего раствора с раструбом и характеризуется тем, что трубопровод установлен внутри резервуара вертикально, основание раструба расположено с превышением по высоте над максимальным уровнем жидкости в резервуаре. На стенках трубопровода расположены равномерно по высоте обратные клапаны пропуска пенообразующего раствора в резервуар, а внутри трубопровода подачи пенообразующего раствора, соосно с ним, установлен с зазором трубопровод меньшего диаметра, срез которого выше максимального уровня жидкости в ловушке» [17].

Однако, «данное техническое решение не позволяет при подаче пенообразующего раствора из раструба, установленного внутри резервуара вертикально, распределить образующуюся пену на большой площади очага пожара и не учитывает специфические трудности растекания пены по поверхности горючего, а выходное отверстие раструба не имеет необходимого проходного сечения, которое способно сформировать поток раствора пенообразователя, насыщенного газом, путем излива вдоль поверхности горения.

Учитывая выше сказанное для тушения больших площадей горения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, хранящихся в емкостных хранилищах и резервуарах предпочтительно изобретение» [18].

«Сущность заявляемого технического решения заключается в том, что «в системе противопожарной защиты резервуаров для хранения жидких горючих веществ, включающей в себя систему обнаружения загорания, питающий трубопровод, и средство подготовки и подачи раствора пенообразователя, средство подачи раствора пенообразователя выполнено в виде устройств для формирования двух частей потока раствора пенообразователя, установленных равномерно по периметру резервуара и смонтированных над поверхностью горения с чередованием ориентации подаваемых частей потока раствора пенообразователя из одних устройств в направлении вдоль стенок резервуара, а других - под углом к радиальному направлению в сторону центра со смещением в сторону потока, сориентированного вдоль стенок резервуара, при этом устройства для формирования каждой части потока раствора пенообразователя смонтированы на разных уровнях над поверхностью горения» [18].

Заявляемый способ реализует модель тушения, «учитывающую эти явления. Подача первой части потока раствора пенообразователя вдоль поверхности горения по периметру стенок резервуара, вращение названного потока путем воздействия кориолисовой силы, возникающей на поверхности жидких горючих веществ, и удерживание его в периферийной области поля центробежных сил позволяет ускорить процесс растекания сначала раствора

пенообразователя, а затем - пены (по мере ее образования) по поверхности горючего в самой опасной зоне резервуара: вдоль его стенок.

Подача второй части потока раствора пенообразователя вдоль поверхности горения от периферийной области в сторону центра емкости в виде веерообразного потока с отклонением угла раскрытия струи в сторону вращения первого потока позволяет равномерно распределить раствор пенообразователя, а затем - пены (по мере ее образования) по оставшейся поверхности горения без ее перерасхода с использованием также кориолисовой силы.

Подача обоих потоков на разных уровнях над поверхностью горения позволяет:

- разделить потоки раствора пенообразователя таким образом, чтобы они практически не соприкасались до момента контакта каждого потока с поверхностью горения в емкости;
- увеличить скорость распределения раствора пенообразователя на большой площади очага пожара;
- равномерно распределить пену по всей поверхности емкостного хранилища без ее перерасхода.

Осуществление процесса пенообразования непосредственно после контакта всех частей потока пенообразователя с поверхностью горения позволяет значительно уменьшить процесс разрушения пены на горячей поверхности и ускорить процесс перевода пены в спокойное статическое состояние с образованием, как было отмечено ранее, «уплотненного» слоя» [18].

Таким образом, отличительные признаки предлагаемого технического решения являются новыми и отвечают критерию «новизна».

При определении соответствия отличительных признаков предлагаемого изобретения критерию «изобретательский уровень» был проанализирован уровень техники и, в частности, известные способы и устройства, которые

возможно эффективно применить для тушения горючих жидкостей в резервуаре.

Известно, что «разрушению пены способствует также механическое разбивание струи пены при ее подаче, а повышение температуры способствует разрушению пены. Поэтому подача раствора пенообразователя или пены в виде капельного потока приведет к ускорению процесса их нагрева, а следовательно, скажется на эффективности тушения горючих жидкостей в резервуаре» [11].

Для тушения пожаров подачей пены в основание резервуара под слой нефтепродукта, встает необходимость в разработке пенообразователя для подслоного тушения. «Известны составы пенообразователей для тушения пожаров на основе углеводородных поверхностно-активных веществ (ПАВ) и протеиновых пенообразователей, например, с введенными в них природными высокомолекулярными соединениями, альгинатами щелочных или тяжелых металлов. Эти составы неспособны использоваться для получения пены, которую подают непосредственно в слой горящего нефтепродукта, поскольку пена смешивается с нефтепродуктом по мере всплывания к горячей поверхности углеводорода, поэтому обладают плохой огнетушащей способностью» [19, 28].

«Главным недостатком перечисленных выше составов является использование фторированных веществ, применение которых запрещено, начиная с 2000 года. В таких соединениях, которые используются в перечисленных выше составах, содержатся запрещенные фторированные вещества, в состав химической формулы которых входят перфторированные радикалы C₈F₁₇.

В соответствии с международными требованиями запрещено использовать фторированные ПАВ, содержащие восемь перфторированных атомов. Эти соединения были широко распространены до 2000 года, когда вступил в силу этот запрет.

Изобретение, принятое в качестве прототипа, относится к составам пенообразователей для тушения пожаров горючих жидкостей методом подачи

пены под слой горючего и позволяет повысить огнетушащую эффективность и удешевить пенообразователь. Удешевление пенообразователя достигается за счет уменьшения концентрации фторорганического вещества в рабочем растворе до 0,015-0,09 масс. %» [21].

«Существенным недостатком состава-прототипа является отсутствие положительного коэффициента растекания водных растворов, из которых получают пену, по углеводороду, в частности по гептану. В соответствии с ГОСТ 53280.2-2010, «пенообразователь должен обеспечивать водному рабочему раствору положительный коэффициент растекания» [20], но состав-прототип образует растворы с отрицательным коэффициентом растекания. В связи с этим пены на его основе обладают недостаточным огнетушащим эффектом при тушении пламени нефтепродукта подслоиным способом. При подъеме через слой нефтепродукта пена из состава прототипа частично смешивается с углеводородом и плохо тушит пламя в области горячей поверхности около раскаленной металлической стенке резервуара. Дополнительным недостатком состава-прототипа является использование биологически жесткого ПАВ - дифенилалкилсульфонат натрия, использование которого запрещено и оно снято с производства» [21].

Предложенное изобретение RU 2617781 С2, «относится к области тушения пожаров, к составам для получения пены из водных растворов, которую используют подачей пены в слой горящего нефтепродукта, а также может быть использовано в качестве добавок к водным растворам, используемым для тушения пожаров розливов нефтепродуктов распыленной водой, а также для получения вспененных объектов для предотвращения испарения и загорания углеводородов» [21].

«Технический результат - получение составов пенообразователей на основе синергетической смеси фторированного и углеводородных поверхностно-активных веществ, обеспечение при этом рабочим раствором пенообразователей положительного коэффициента растекания по углеводороду.

Обнаруженный эффект синергетического действия компонентов позволяет получить композиции, которые способны к самопроизвольному растеканию по поверхности горящего нефтепродукта. При этом растворы фторированного ПАВ и углеводородных соединений по отдельности не обеспечивают водному раствору способность самопроизвольно растекаться по углеводороду. Эффективность пленкообразующего действия компонентов обеспечивается в определенном диапазоне соотношения компонентов, что позволяет резко снизить содержание фторированного ПАВ.

Предложенный состав пенообразователя содержит фторированные ПАВ, которые включают шесть перфторированных углеродных атомов, на базе которых приготовлены фторированные стабилизаторы. Это соединения относятся к классу амфолитных ПАВ, точнее к бетаинам.

Указанное вещество обладает поверхностным натяжением водных растворов ниже, чем у нефтепродуктов и составляет величину от 16 до 18 мН/м в зависимости от концентрации раствора» [21].

Согласно ГОСТ Р 53280.2-2010, «для подслоного тушения пригодны только пены, полученные из растворов пенообразователей, водные растворы которых способны самопроизвольно растекаться по нефтепродукту» [20]. «Указанное выше вещество без специальной композиции с углеводородными ПАВ неспособно обеспечить положительный коэффициент растекания водного раствора пенообразователя по поверхности нефтепродукта. На основе систематических исследований по поиску углеводородных веществ, совместимых с фторированными ПАВ, найдена особая композиция, которая обеспечивает синергетический эффект растекания, который не может быть получен для отдельных ПАВ, поэтому наряду с фторированным стабилизатором используются анионные углеводородные ПАВ. Добавки карбамида и этиленгликоля необходимы для обеспечения эксплуатационных качеств концентрированного пенообразователя. В случае рабочего, разбавленного, раствора эти добавки не играют заметной роли в обеспечении коэффициента растекания и огнетушащей эффективности» [21].

«Отличительным признаком предложенного состава, является обнаруженный эффект синергетического действия компонентов, что позволило получить композиции, которые способны к самопроизвольному растеканию по поверхности горящего нефтепродукта, что характеризуется положительным значением коэффициента растекания.

Условием растекания водного раствора по поверхности углеводорода является снижение свободной энергии системы после образования водной пленки, то есть поверхностная энергия углеводорода с водной пленкой, которая характеризуется величиной поверхностного натяжения, должна быть ниже, чем у исходного углеводорода.

Необходимо отметить, что применение фторированного ПАВ и углеводородных соединений по отдельности не обеспечивает водному раствору способность самопроизвольно растекаться по углеводороду. Эффективность пленкообразующего действия компонентов обеспечивается в определенном диапазоне соотношения компонентов, что позволяет резко снизить содержание фторированного ПАВ» [21].

Содержание этиленгликоля определяется требованием морозоустойчивости концентрата пенообразователя, которая может составлять по требованию потребителя от минус 5 до минус 30°C. Этим требованиям соответствует концентрация этиленгликоля от 5,0 до 35% масс., что и принято в качестве пределов по содержанию этого компонента в концентрате.

Известен способ защиты резервуаров с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями от взрыва при пожаре и устройство для их осуществления [16]. Способ заключается в том, что «из узла ввода сверху на внутреннюю стенку резервуара подают, по меньшей мере, две горизонтальные струи огнетушащего вещества - пены низкой кратности. Струи подают по стенке резервуара в одну сторону или одновременно по часовой и против часовой стрелки таким образом, чтобы оси струй не пересекались, при этом огнетушащее вещество подают с напором, обеспечивающим образование на стенке резервуара кольца из огнетушащего вещества. В качестве огнетушащего

вещества используют пену низкой кратности или воду, а дополнительно к ним используют огнетушащий порошок, инертный газ, водяной пар, причем в резервуар подают один или одновременно несколько видов огнетушащих веществ» [16].

«Однако, создание на стенках резервуара кольца из огнетушащего вещества при подаче его с напором ограничено пропускной способностью водопроводных сетей, а резкое повышение давления в них приводит к выходу из строя последних. Следует отметить, что для охлаждения стенок горящего и соседних с ним резервуаров достаточно создания кольца водяного орошения. Недостатком данного устройства является то, что при частичном заполнении резервуара пена падает вниз с большой высоты, проходя слой пламени и горячих газов, которые препятствуют быстрому попаданию ее на поверхность нефти или нефтепродуктов. Кроме этого при тушении очага пожара большой площади возможности равномерного распределения пены с помощью этого способа довольно ограничены без ее перерасхода» [15].

Известно устройство для тушения пожара в резервуаре [17], принятое за прототип заявляемого устройства, предназначенное для формирования потока раствора пенообразователя. Данное устройство «содержит трубопровод подачи пенообразующего раствора с раструбом и характеризуется тем, что трубопровод установлен внутри резервуара вертикально, основание раструба расположено с превышением по высоте над максимальным уровнем жидкости в резервуаре. На стенках трубопровода расположены равномерно по высоте обратные клапаны пропуска пенообразующего раствора в резервуар, а внутри трубопровода подачи пенообразующего раствора, соосно с ним, установлен с зазором трубопровод меньшего диаметра, срез которого выше максимального уровня жидкости в ловушке» [17].

Однако, «данное техническое решение не позволяет при подаче пенообразующего раствора из раструба, установленного внутри резервуара вертикально, распределить образующуюся пену на большой площади очага пожара и не учитывает специфические трудности растекания пены по

поверхности горючего, а выходное отверстие раструба не имеет необходимого проходного сечения, которое способно сформировать поток раствора пенообразователя, насыщенного газом, путем излива вдоль поверхности горения.

Учитывая выше сказанное для тушения больших площадей горения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, хранящихся в емкостных хранилищах и резервуарах предпочтительно изобретение» [18].

«Сущность заявляемого технического решения заключается в том, что «в системе противопожарной защиты резервуаров для хранения жидких горючих веществ, включающей в себя систему обнаружения загорания, питающий трубопровод, и средство подготовки и подачи раствора пенообразователя, средство подачи раствора пенообразователя выполнено в виде устройств для формирования двух частей потока раствора пенообразователя, установленных равномерно по периметру резервуара и смонтированных над поверхностью горения с чередованием ориентации подаваемых частей потока раствора пенообразователя из одних устройств в направлении вдоль стенок резервуара, а других - под углом к радиальному направлению в сторону центра со смещением в сторону потока, сориентированного вдоль стенок резервуара, при этом устройства для формирования каждой части потока раствора пенообразователя смонтированы на разных уровнях над поверхностью горения» [18].

Заявляемый способ реализует модель тушения, «учитывающую эти явления. Подача первой части потока раствора пенообразователя вдоль поверхности горения по периметру стенок резервуара, вращение названного потока путем воздействия кориолисовой силы, возникающей на поверхности жидких горючих веществ, и удерживание его в периферийной области поля центробежных сил позволяет ускорить процесс растекания сначала раствора пенообразователя, а затем - пены (по мере ее образования) по поверхности горючего в самой опасной зоне резервуара: вдоль его стенок.

Подача второй части потока раствора пенообразователя вдоль поверхности горения от периферийной области в сторону центра емкости в

виде веерообразного потока с отклонением угла раскрытия струи в сторону вращения первого потока позволяет равномерно распределить раствор пенообразователя, а затем - пены (по мере ее образования) по оставшейся поверхности горения без ее перерасхода с использованием также кориолисовой силы.

Подача обоих потоков на разных уровнях над поверхностью горения позволяет:

- разделить потоки раствора пенообразователя таким образом, чтобы они практически не соприкасались до момента контакта каждого потока с поверхностью горения в емкости;
- увеличить скорость распределения раствора пенообразователя на большой площади очага пожара;
- равномерно распределить пену по всей поверхности емкостного хранилища без ее перерасхода.

Осуществление процесса пенообразования непосредственно после контакта всех частей потока пенообразователя с поверхностью горения позволяет значительно уменьшить процесс разрушения пены на горячей поверхности и ускорить процесс перевода пены в спокойное статическое состояние с образованием, как было отмечено ранее, «уплотненного» слоя» [18].

Таким образом, отличительные признаки предлагаемого технического решения являются новыми и отвечают критерию «новизна».

3.5 Экономический и социальный эффект предлагаемого способа обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

Согласно [7], в котором «приведены справочные данные и методики расчета сил и средств, необходимые для успешного выполнения личным составом подразделений пожарной охраны действий по тушению пожаров на объектах нефтяной промышленности» [7], можно рассчитать запас пенообразователя, необходимый для тушения одного резервуара на примере

РВС-10000. Это необходимо чтобы сопоставить затраты на пожаротушение различными пенообразователями, а точнее пенообразователем общего назначения ПО-6НП и фторпротеиновым пленкообразующим пенообразователем «PETROFILM».

«Для проведения сравнительного анализа рассмотрим затраты на тушение пожара в резервуаре РВС-10000, и в его обваловании, при помощи стволов ГПС - 2000 с применением пенообразователя ПО-6-НП (наиболее распространенный способ) и при помощи стволов ЛС-ПЗ0У, с применением фторпротеинового пленкообразующего пенообразователя «PETROFILM». Для тушения такого пожара по расчету необходимо 14 стволов ГПС-2000 и около 59м³ пенообразователя ПО-6НП. При тушении пожара в РВС-10000, и в его обваловании, с использованием современных водопенных стволов ЛС-ПЗ0У с применением фторпротеинового пленкообразующего пенообразователя «PETROFILM», по расчету необходимо 8 водопенных стволов ЛС-П40У и около 54м³ пенообразователя «PETROFILM». Также следует отметить, что при применении пены низкой кратности, на основе фторпротеинового пленкообразующего пенообразователя «PETROFILM» в целях пожаротушения:

- позиции ствольщиков могут располагаться на большем расстоянии (практическим путем доказана эффективность подачи низкократной пены на высоту 12-13 метров (высота резервуара РВС-10000) с расстояния 25-30 метров, тогда как АЛ-30 согласно своих ТТХ должно быть расположено в диапазоне 10-18 метров от объекта);

- ствольщики имеют относительно высокую маневренность и в случае поступления сигнала тревоги могут покинуть опасную зону;

- сокращается время разворачивания сил и средств, соответственно и время подачи огнетушащих средств;

- тушение производится без использования специальной техники (АЛ, АКП), соответственно нет необходимости вводить дополнительно стволы на защиту приборов подачи пены и подъемного механизма АЛ, АКП;

- привлекается меньшее количество сил и средств» [29].

В свою очередь пена низкой кратности, получаемая из фторпротеинового пенообразователя «PETROFILM»:

- способствует образованию пленки на поверхности горящего продукта, препятствующей испарению паров горючего, в том числе у стенок резервуара;
- благодаря высокой текучести позволяет пене огибать препятствия (карманы) и быстро распространяться по поверхности горящего продукта (ЛВЖ, ГЖ);
- благодаря высокой стойкости, препятствует повторному воспламенению.

Учитывая, что представленные пенообразователи имеют отличный друг от друга гарантийный срок хранения, можно определить еще один качественный показатель, необходимый для оценки экономического эффекта: срок хранения пенообразователя общего назначения марки ПО-6НП от 10 до 12 лет, а фтор протеинового пленкообразующего пенообразователя «PETROFILM» от 18 до 22 лет. Получается что на лицо разница в гарантийных сроках хранения почти в два раза! Зная, что стоимость пенообразователя общего назначения ПО - 6НП еще в добавок ежегодно увеличивается на 10 - 15%, плюс накладные затраты на транспортировку, можно дополнительно сделать вывод о том, что это сильно способствует увеличению финансовых затрат.

Анализируя произведенные расчеты необходимо отметить, что «траты на тушение пожара на объекте нефтяной отрасли несопоставимо малы, по сравнению со стоимостью материальных ценностей, спасаемых во время пожара, даже в объеме одного резервуара с нефтью. В случае пожара в группе резервуаров, соотношение затрат на тушение и стоимость спасаемых материальных ценностей увеличивается в разы» [29].

Тушение пожара экономически выгоднее производить пенообразователем марки ПО-6НП, так как он по факту дешевле, но с учетом гарантийных сроков хранения более, выгодным является фторпротеиновый, с пленкообразующими свойствами, пенообразователь «PETROFILM».

Отдельно строкой необходимо отметить, что при тушении пожара с применением водопенных мониторов, а это возможно только лишь используя пленкообразующую пену низкой кратности, полученную из фтор протеинового пенообразователя, снижается риск поражения опасными факторами пожара участников тушения и пожарной техники. Следовательно, при снижении пожарной опасности процесса слива-налива нефтепродуктов, использованием низко кратной пены в системах пожаротушения, достигается не только экономический, но и социальный эффект, что само по себе является очень хорошим показателем, так необходимым как для любого отдельно взятого гражданина нашей страны, так и для всего нашего государства в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной магистерской диссертации, были осуществлены следующие мероприятия:

1. Проведен анализ современной нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности.

2. Выполнен анализ современного состояния противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли.

3. Рассмотрены основные виды, характеристики и механизмы огнетушащего действия пенообразователей.

4. Выполнен анализ современного состояния противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли, приведена статистика пожаров на объектах нефтяной отрасли.

5. Определено, что расчет основных параметров тушения пожаров, с учетом образующейся на поверхности горящего углеводородного топлива водной пленки, способствует снижению удельных затрат пенообразователя в пределах 15-20 %.

6. Определено, что применение низко кратной пены для функций пожаротушения горючих жидкостей, способствует снижению удельных затрат пенообразователя на 20-40% и сокращает время тушения «мониторной» системой пожаротушения объектов резервуарных парков, в том числе сливно-наливных эстакад, в пределах 20-25%.

7. Проведен анализ существующих научных разработок, патентной и научной литературы в сфере противопожарной защиты объектов нефтяной отрасли по теме исследования.

8. Доказана экономическая и социальная значимость предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте защиты.

9. Полученные результаты будут рекомендованы к использованию при составлении ведомственного нормативного документа, регламентирующего организацию противопожарной защиты объектов резервуарного парка ПАО

«Орскнефтеоргсинтез» пленкообразующей воздушно-механической пеной низкой кратности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008г. N123-ФЗ (ред. от 18.10.2012) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 11.09.2017).

2 О техническом регулировании: Федеральный закон от 27.12.2002г. N184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-27.12.2002-N-184-FZ/> (дата обращения: 12.10.2017).

3 О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994г. N69-ФЗ (ред. от 30.12.2015) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 27.10.2017).

4 НПБ 304-2001. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. ФГУ ВНИИПОМВД России, Москва 2002г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200029226>(дата обращения: 18.08.2017).

5 ГОСТ 27331-87. Пожарная техника. Классификация пожаров [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001394> (дата обращения: 20.09.2017).

6 ГОСТ 50595-93. Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200028107> (дата обращения: 27.08.2017).

7 Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. - М.: ГУГПС-ВНИИПО-МИПБ, 1999 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006701> (дата обращения: 29.07.2017).

8 СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. Москва, 1993 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001020> (дата обращения: 27.08.2017).

9 Бузюк, В.В. Снижение пожарной опасности технологического процесса слива-налива нефтепродуктов путем применения в системах пожаротушения пленкообразующей пены низкой кратности [Электронный ресурс]: диссертация кандидата технических наук: 05.26.03 / Бузюк В.В.- Санкт-Петербург, 2009.-174 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/2484.– Режим доступа: <http://www.dslib.net/pozharn-bezopasnost/snizhenie-pozharnoj-opasnosti-tehnologicheskogo-processa-sliva-naliva-nefteproduktov.html>(дата обращения 31.08.2017).

10 Грашичев, Н.К. Закономерности тушения нефтепродуктов подачей пены в слой горючего [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидат технических наук / Грашичев, Н.К.- М.: ВИПТШ МВД России, 1991. – 21с.

11 Баратов, А.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности [Текст]: учеб. пособие / Баратов, А.Н., Иванов, Е.Н. //- М.: Химия, 1979. - 368 с.

12 Кучер, В.М. Авторское свидетельство №198923, СССР, МПК А62С5 / кл. 61в от 28.06.1967 /Кучер, В.М. и др./ заявлено 16.11,1966 (№ 1056023/23-26), опубликовано 28.VI.1967, Бюллетень №14, УДК 614.841.345 (088.8)1967 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/19/198923.html>. (дата обращения 24.06.2017).

13 Копылов, С.Н., Способ тушения горючих жидкостей: патент RU 2620705 С2 [Электронный ресурс]: авторское свидетельство / Копылов, С.Н., Агафонов, В.В., Федоткин, Д.В. и др.//, заявитель и патентообладатель ФГБУ ВНИИПО МЧС России (RU). – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/262/2620705.html> (дата обращения: 07.07.2017).

14 ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093407>(дата обращения: 14.11.2017).

15 Иванов, Е.Н. «Противопожарная защита открытых технологических установок», издание 2-е переработанное и дополненное [Текст] / Иванов, Е.Н. М., Химия, 1986.

16 Бакаев, С.Г. Способ защиты резервуаров с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями от взрыва и при пожаре, устройство для его осуществления [Электронный ресурс]: патент RU №2334532, МПК А62С 3/06 / Бакаев, С.Г. (RU), Братухин, Ю.Н. (RU), Заровняев, Н.В. (RU) // патентообладатель ООО "Региональный научно-технический центр безопасности "Центурион" (RU), подача заявки 26.10.2006, публикация патента 27.09.2008.- Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2334532> (дата обращения: 07.29.2017).

17 Астапов, В.П. Устройство для тушения пожара в резервуаре [Электронный ресурс]: патент BY 11919 C1, А62С 3/06, номер заявки: а 20060971 /Астапов, В.П. (BY), Нацевский, С.А. (BY) и др. // заявитель и патентообладатель частное производственно-торговое унитарное предприятие «Брандмейстер» Республиканского государственно-общественного объединения «Белорусское добровольное пожарное общество» (BY), подача заявки 30.06.2009. - Режим доступа: <http://bypatents.com/4-11919-ustrojstvo-dlya-tusheniya-pozhara-v-rezervuare.html> (дата обращения 26.07.2017).

18 Копылов, С.Н. Способ противопожарной защиты резервуаров для хранения жидких горючих веществ и система для его осуществления [Электронный ресурс]: патент RU 2616848 C1 МПК А62С 3/06: авторское свидетельство/Копылов, С.Н., Агафонов, В.В., Федоткин, Д.В. и др.//, заявитель и патентообладатель ФГБУ ВНИИПО МЧС России (RU). – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/261/2616848.html> (дата обращения 31.08.2017).

19 Богданов, О.И. Состав пенообразователя для тушения пожаров и способ его получения [Электронный ресурс]: патент RU 2212918 C1МПК А62D 1/00 / авторское свидетельство Богданов, О.И.(RU), Кручинина, Т.М.(RU), Смирнов, А.С.(RU) // патентообладатель ЗАО «Экохиммаш»,подача заявки 10.01.2000, публикация патента 27.09.2003.— Режим доступа: <http://allpatents.ru/patent/2212918.html>(дата обращения 15.06.2017).

20 ГОСТ Р 53280.2-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2.

Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний (с Изменением N 1)[Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200078687> (дата обращения 24.08.2017).

21 Шароварников, А.Ф. Пенообразователь для подслоного тушения: [Электронный ресурс]: патент RU 2617781 С2, МПК C09K8/00/ авторское свидетельство Шароварников, А.Ф. (RU), Корольченко, Д.А. (RU), Дегаев, Е.Н. (RU) // владелец патента ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (RU). – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/261/2617781.html> (дата обращения 15.06.2017).

22 Правила противопожарного режима в Российской федерации, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012г. №390 О противопожарном режиме [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://base.garant.ru/70170244/> (дата обращения 15.09.2017).

23 Битуев, Б.Ж. Тушение пожаров топлив европейского стандарта современными пленкообразующими пенообразователями [Электронный ресурс]: диссертация кандидата технических наук / Битуев, Б.Ж. // - Санкт-Петербург, 2013.- 185 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/2790 – Режим доступа: <http://www.dslib.net/pozharn-bezopasnost/tushenie-pozharov-topliv-evropejskogo-standarta-sovremennymi-plenkoobrazujuwimi.html> (дата обращения 17.08.2017).

24 Евсеева, М.В. Исследование пожаробезопасных методов и технических устройств хранения горючих и взрывоопасных веществ в закрытых резервуарах [Электронный ресурс]: магистерская диссертация / Евсеева, М.В. // Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра Управление промышленной и экологической безопасностью, 2017.– Режим доступа<http://hdl.handle.net/123456789/4869> (дата обращения 16.11.2017).

25 Билкун, Д.Г., Огнетушащие свойства пен низкой и средней кратности из пенообразователей различных типов [Текст]: сборник научных трудов / Билкун, Д.Г., Казаков, М.В., Моисеенко, В.М., Пешков, В.В. // Пожаротушение.

- М.: ВНИИПО МВД СССР, 1984.-С. 10-15.

26 Молчанов, В.П. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами [Текст]: учебное пособие / Молчанов, В.П., Сучков, В.П., Безродный, И.Ф. // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья М.: ЦНИИТЭ нефтехим, 1992.

27 Шароварников, А.Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов [Текст]: учебное пособие / Шароварников, А.Ф., Молчанов, В.П., Воевода, С.С., Шароварников, С.А. // «Москва», 2002.

28 Воевода, С.С. Огнетушащие составы для подслоного тушения нефтепродуктов [Текст]: учебное пособие / Воевода, С.С, Хинг, В.В., Степанов, В.А. // Организация тушения пожаров и аварийно-спасательных работ: Сб. науч. Тр. [Текст]. - М.: ВИПТШ МВД России, 1990.-с 135-139.

29 Соболев, Д.В. Совершенствование тушения пожаров на объектах переработки и хранения нефти (на примере ОАО «Орскнефтеоргсинтез») [Электронный ресурс]: магистерская диссертация / Соболев, Д.В. // Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра Управление промышленной и экологической безопасностью, 2017. – Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/3312> (дата обращения 24.06.2017).

30 Копылов, С.Н. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров [Текст]: инструкция / Копылов, С.Н. Цариченко, С.Г. Былинкин, В.А., В.В.Пешков // ФГУ ВНИИПО МЧС России и ГУ УОП МЧС России, Москва 1996, - 75 с.

31 Безродный, И.Ф. Тушение нефти и нефтепродуктов [Текст]: пособие / Безродный, И.Ф., Гилетич, А.Н., Меркулов, В.А., Молчанов, В.П., Швырков, А.Н. // М.-1996-С.

32 ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003311> (дата обращения 12.07.2017).

33 Шароварников, А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение [Текст] / Шароварников, А.Ф. // -М.: Знак, 2000.

34 Шароварников, А.Ф. Разработка и испытание универсального пенообразователя для тушения пожаров [Текст]: сборник научных трудов / Шароварников, А.Ф., Теплов, Г.С. // Теоретические и экспериментальные основы пожаротушения. Сб.науч.тр. - М.: ВНИИПО МВД России, 1992. -С. 63-74.

35 Хохлов, А.Е. Снижение пожарной опасности технологического процесса слива-налива нефтепродуктов, путем применения в системах пожаротушения пленкообразующей пены низкой кратности [Электронный ресурс] / Хохлов А.Е. // Приоритетные направления развития образования и науки: материалы IV Международной научно–практической конференции (Чебоксары, 24 декабря 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков, Р. А. Бекназаров, Б.К. Мейманов, Л.А. Абрамова, А.Ю. Иваницкий [и др.]. - Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. - Режим доступа: <https://interactive-plus.ru/ru/action/452/imprint> (дата обращения 22.08.2017).

36 Пожары и пожарная безопасность в 1999 году: Статистический сборник под общей редакцией Е. А. Серебренникова, А. В. Матюшина [Текст]. -М.: ВНИИПО МВД России, 2000, - 270 с.:ил.

37 НПБ 88-01*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/9/9231/> (дата обращения 22.08.2017).

38 СНИП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001022> (дата обращения 19.12.2017).

39 ГОСТ Р 50588.93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и метода испытаний[Электронный ресурс]. / Изд. стандартов, - М., 1993 - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200025996>(дата обращения 14.06.2017).

40 Безродный, И.Ф., Обобщенная формула для времени тушения пеной

[Текст]. / Безродный, И.Ф., Баратов, А.Н., Реутт, В.Ч. // Пожаротушение: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО МВД СССР, 1984. - С. 18-23.

41 Кучер, В.М., Влияние способа подачи пены на огнетушащую способность пены средней кратности [Текст]. / Кучер, В.М., Козлов, В.А., Меркулов, В.А., Жуков, В.В // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения: Сборник научных трудов -М.: ВНИИПО МВД СССР, 1983, - Вып. 4. - С. 49-50.

42 Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009г. N384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-30122009-n-384-fz-tekhnicheskii/> (дата обращения 22.10.2017).

43 ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» - в части, касающейся определения горючести веществ и материалов, температуры воспламенения паров легковоспламеняющихся и особоопасных легковоспламеняющихся жидкостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004802> (дата обращения 15.08.2017).

44 ГОСТ Р 50800-95. Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006829> (дата обращения 23.11.2017).

45 СП8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071151> (дата обращения 12.12.2017).

46 Patrick, A., The Patchogue Oil Terminal Fire C a sill [Text] / A. Patrick. P.Valenzano // «WNYF», 1987, 48, № 2, 2—7, 22.

47 Dosne, R. Saint-Herblain en infer[Text] / R. Dosne. // Face risque.- 1992. - № 279. - P. 49 - 53.

48 Blank, M. Controlling hot work losses [Text] / M. Blank // Fire Safety Eng. - 2014. - N5. - S. 21-24.

49 Corbo, L. Raffineriebrand in Stalien[Text] / L.Corbo. // Brand aus- 1986. - Vol. 90, № 1.-P. 392-394.

50 Manniug, B. /Life sentence [Text] / B. Manniug. // Fire Eng. - 2011, N10. - S. 64-79.

51 Lekschas, J. Die Kausalitatbei der verbrecherischen [Text] / J.Lekschas: Nandlung. -Berlin, 2012. - s.115.

52 Isner, M.S. Tank farm fire at Denver [Text] / M.S. Isner. // Fire Fight. Can.- 1991. Vol 35, № 9. - P. 22.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты экспериментов, «по определению электрокинетического потенциала в свободных пленках из водного раствора «Sodiumoctylsulphate» в различных концентрациях», проведенных Бузюк В.В., приведены в таблице А1. Таблица А1 - «Данные экспериментов по определению электрокинетического потенциала в свободных пленках из водного раствора «Sodiumoctylsulphate» в различных концентрациях» [9].

Концентрация ПАВС, (%масс)	Объем перенесенной жидкости $V, \text{ м}^3 \times 10^{-9}$	Время переноса $t, \text{ с}$	Сила тока $I, \text{ мА}$	Электроосмотический перенос, $V/(It), (\text{м}^3/\text{Кл}) \times 10^{-6}$	Удельная электропроводность $\chi, \text{ См/м}$	Электрический потенциал, $\xi \text{ мВ}$
1	2	3	4	5	6	7
1	13,3	16,0	1,90	0,438	0,135	83,40
1	12,1	9,5	1,90	0,670	0,135	127,78
1	3,5	2,5	1,90	0,737	0,135	140,46
1	5,3	5,1	1,85	0,562	0,135	107,08
1	4,0	3,0	1,85	0,721	0,135	137,38
1	12,0	8,5	1,85	0,763	0,135	145,47
1	3,1	2,0	1,90	0,816	0,135	155,51
1	3,1	3,5	1,90	0,466	0,135	88,86
1	5,1	7,5	1,90	0,358	0,135	68,22
1	4,5	5,0	1,90	0,474	0,135	90,29
1	5,0	15,0	1,90	0,175	0,135	33,44
1	4,1	3,0	1,90	0,719	0,135	137,11
1	4,0	3,0	1,90	0,702	0,135	133,77
1	11,0	13,5	1,90	0,429	0,135	81,75
1	4,3	5,0	1,90	0,453	0,135	86,28
1	4,1	3,0	1,90	0,719	0,135	137,11

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
1	3,6	7,5	1,05	0,457	0,135	87,14
1	4,4	13,5	1,05	0,310	0,135	59,17
1	4,3	7,5	1,05	0,546	0,135	104,08
1	4,3	14,5	1,05	0,282	0,135	53,84
1	4,0	5,0	1,05	0,762	0,135	145,23
1	3,9	5,0	1,05	0,743	0,135	141,60
1	3,9	7,0	1,05	0,531	0,135	101,15
1	4,1	4,5	1,05	0,868	0,135	165,41
1	4,9	14,5	1,05	0,322	0,135	61,35
1	4,0	6,8	1,90	0,310	0,135	59,02
1	8,0	10,5	1,90	0,401	0,135	76,44
1	4,0	3,5	1,90	0,602	0,135	114,66
1	5,0	6,1	2,00	0,410	0,135	78,12
1	4,1	3,5	2,00	0,586	0,135	111,65
1	4,0	4,0	2,00	0,500	0,135	95,31
1	4,1	3,0	1,75	0,781	0,135	148,87
1	10,1	7,0	1,95	0,740	0,135	141,04
1	8,0	7,0	1,95	0,586	0,135	111,72
1	4,3	5,0	1,95	0,441	0,135	84,07
1	12,3	9,0	1,95	0,701	0,135	133,60
1	15,0	15,5	1,85	0,523	0,135	99,71
1	14,2	12,5	1,90	0,598	0,135	113,97
1	4,0	3,0	1,90	0,702	0,135	133,77
1	4,1	3,0	1,90	0,719	0,135	137,11
1	11,0	12,0	1,90	0,482	0,135	91,97
0,5	5,0	5,5	1,30	0,699	0,0675	66,16
0,5	4,5	3,5	1,60	0,804	0,0675	76,02
0,5	4,5	2,5	1,55	1,161	0,0675	109,86
0,5	12,1	11,5	1,10	0,957	0,0675	90,49
0,5	8,5	5,5	1,25	1,236	0,0675	116,96
0,5	5,1	6,0	1,35	0,630	0,0675	59,57

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
0,5	5,0	6,5	0,90	0,855	0,0675	80,86
0,5	4,2	3,0	1,05	1,333	0,0675	126,14
0,5	4,1	4,0	0,80	1,281	0,0675	121,21
0,5	4,5	3,0	1,70	0,882	0,0675	83,47
0,5	5,0	6,0	1,10	0,758	0,0675	71,67
0,5	4,5	2,5	1,20	1,500	0,0675	141,91
0,5	4,0	3,5	0,85	1,345	0,0675	127,20
0,5	4,1	3,5	1,60	0,732	0,0675	69,26
0,5	4,5	2,5	1,40	1,286	0,0675	121,63
0,5	4,0	2,5	1,70	0,941	0,0675	89,04
0,5	4,5	4,0	1,20	0,938	0,0675	88,69
0,5	5,1	3,2	1,15	1,386	0,0675	131,11
0,5	4,9	3,5	1,11	1,261	0,0675	119,32
0,5	5,1	3,0	1,17	1,453	0,0675	137,46
0,5	5,1	2,1	1,31	1,854	0,0675	175,38
0,5	3,3	5,0	0,84	0,800	0,0675	75,68
0,5	4,0	5,5	1,10	0,661	0,0675	62,55
0,5	4,0	3,5	1,08	1,058	0,0675	100,11
0,5	4,4	2,1	1,20	1,746	0,0675	165,18
0,5	4,3	4,5	0,80	1,194	0,0675	113,00
0,5	4,6	4,5	0,80	1,278	0,0675	120,88
0,5	5,1	7,5	0,70	0,971	0,0675	91,90
0,5	7,4	9,5	1,10	0,708	0,0675	66,99
0,5	5,5	4,5	1,25	0,978	0,0675	92,50
0,5	4,0	4,0	1,15	0,870	0,0675	82,26
0,5	4,5	3,5	1,05	1,224	0,0675	115,84
0,5	5,0	4,0	1,15	1,087	0,0675	102,83
0,5	5,1	3,5	1,05	1,388	0,0675	131,29
0,5	5,1	6,1	1,05	0,796	0,0675	75,33
0,5	4,5	4,0	1,08	1,042	0,0675	98,55
0,5	5,0	2,0	1,75	1,429	0,0675	135,15

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
0,5	5,2	3,5	1,75	0,849	0,0675	80,32
0,5	4,0	1,5	1,70	1,569	0,0675	148,40
0,5	5,1	2,0	1,80	1,417	0,0675	134,02
0,5	5,0	4,0	1,80	0,694	0,0675	65,70
0,5	5,0	2,5	1,70	1,176	0,0675	111,30
0,5	5,5	3,5	1,80	0,873	0,0675	82,59
0,5	4,9	6,5	0,80	0,942	0,0675	89,15
0,5	5,0	8,0	0,60	1,042	0,0675	98,55
0,5	5,7	8,0	0,65	1,096	0,0675	103,70
0,5	5,3	5,0	0,70	1,514	0,0675	143,26
0,25	6,1	4,5	0,6	2,259	0,0335	105,30
0,25	6,0	6,0	0,4	2,500	0,0335	116,53
0,25	6,1	9,5	0,6	1,070	0,0335	49,88
0,25	5,5	5,5	0,6	1,818	0,0335	84,75
0,25	5,1	2,5	0,8	2,720	0,0335	126,78
0,25	5,0	16,0	0,3	1,042	0,0335	48,55
0,25	6,0	5,0	0,6	2,182	0,0335	101,69
0,25	5,5	3,0	0,6	3,056	0,0335	142,42
0,25	6,1	3,5	0,6	3,169	0,0335	147,70
0,25	5,0	2,5	0,6	3,333	0,0335	155,37
0,25	6,0	7,5	0,5	1,778	0,0335	82,86
0,25	5,5	5,0	0,6	2,000	0,0335	93,22
0,25	5,5	3,0	0,7	2,821	0,0335	131,46
0,25	5,0	3,5	0,6	2,597	0,0335	121,07
0,25	21,0	19,5	0,5	2,393	0,0335	111,55
0,25	4,0	7,5	0,4	1,524	0,0335	71,03
0,25	6,1	4,0	0,9	1,794	0,0335	83,62
0,25	6,1	4,5	0,9	1,595	0,0335	74,33
0,25	6,0	11,5	0,5	1,043	0,0335	48,64
0,25	6,4	4,5	0,7	2,188	0,0335	101,98
0,25	6,3	3,0	0,8	2,800	0,0335	130,51

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
0,25	6,2	5,0	0,4	3,100	0,0335	144,49
0,25	6,3	6,0	0,7	1,500	0,0335	69,92
0,25	5,1	2,5	0,7	3,138	0,0335	146,28
0,25	6,1	3,1	0,8	2,624	0,0335	122,29
0,25	6,0	4,5	0,8	1,778	0,0335	82,86
0,25	6,0	3,0	0,9	2,222	0,0335	103,58
0,25	6,1	2,5	0,8	3,050	0,0335	142,16
0,25	5,1	3,1	0,8	2,056	0,0335	95,85
0,25	8,1	5,5	0,6	2,455	0,0335	114,41
0,25	18,2	8,0	1,1	2,068	0,0335	96,40
0,25	7,1	8,5	0,4	2,387	0,0335	111,24
0,25	9,0	10,0	0,5	2,000	0,0335	93,22
0,25	5,5	6,0	0,5	1,833	0,0335	85,45
0,25	6,0	3,0	0,6	3,636	0,0335	169,49
0,25	6,6	11,0	0,3	2,000	0,0335	93,22
0,25	6,1	9,0	0,7	0,968	0,0335	45,13
0,25	5,0	4,5	0,9	1,307	0,0335	60,93
0,25	6,0	12,0	0,3	2,000	0,0335	93,22
0,25	7,1	13,0	0,3	1,821	0,0335	84,85
0,25	6,0	5,0	0,4	3,000	0,0335	139,83
0,25	7,0	4,0	0,6	3,182	0,0335	148,31
0,25	5,9	5,5	0,6	1,950	0,0335	90,91
0,25	6,1	3,0	0,7	2,905	0,0335	135,39
0,125	5,0	5,0	0,20	5,00	0,0167	117,94
0,125	9,0	7,5	0,20	6,00	0,0167	141,53
0,125	7,0	5,5	0,20	6,36	0,0167	150,10
0,125	10,1	11,0	0,20	4,59	0,0167	108,29
0,125	11,0	13,5	0,20	4,07	0,0167	96,10
0,125	10,0	8,5	0,20	5,88	0,0167	138,75
0,125	11,0	9,1	0,30	4,03	0,0167	95,04
0,125	5,0	5,0	0,25	4,00	0,0167	94,35

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
0,125	5,0	4,0	0,35	3,57	0,0167	84,24
0,125	20,0	26,0	0,17	4,52	0,0167	106,73
0,125	5,0	4,5	0,25	4,44	0,0167	104,83
0,125	5,0	11,0	0,15	3,03	0,0167	71,48
0,125	4,0	3,0	0,30	4,44	0,0167	104,83
0,125	10,0	4,0	0,40	6,25	0,0167	147,42
0,125	16,0	12,0	0,25	5,33	0,0167	125,80
0,125	11,0	11,5	0,25	3,83	0,0167	90,25
0,125	12,0	6,0	0,90	2,22	0,0167	52,42
0,125	12,0	4,5	1,00	2,67	0,0167	62,90
0,125	9,0	8,5	0,55	1,93	0,0167	45,41
0,125	27,0	11,0	1,25	1,96	0,0167	46,32
0,125	9,5	7,0	0,40	3,39	0,0167	80,03
0,125	19,5	14,5	0,40	3,36	0,0167	79,30
0,125	20,0	18,0	0,30	3,70	0,0167	87,36
0,125	6,2	6,5	0,30	3,18	0,0167	75,00
0,125	6,0	2,5	0,55	4,36	0,0167	102,93
0,125	7,1	3,5	0,40	5,07	0,0167	119,62
0,125	6,1	6,0	0,50	2,03	0,0167	47,96
0,125	6,9	4,5	0,35	4,38	0,0167	103,34
0,125	6,1	2,5	0,45	5,42	0,0167	127,90
0,125	6,1	2,5	0,40	6,10	0,0167	143,88
0,125	30,0	9,0	0,70	4,76	0,0167	112,32
0,125	6,1	3,0	0,40	5,08	0,0167	119,90
0,125	3,0	2,0	0,25	6,00	0,0167	141,53
0,125	7,0	3,5	0,35	5,71	0,0167	134,79
0,125	4,1	7,5	0,25	2,19	0,0167	51,58
0,125	5,5	4,5	0,35	3,49	0,0167	82,37
0,125	31,0	15,5	0,60	3,33	0,0167	78,63
0,125	20,0	9,5	0,60	3,51	0,0167	82,76
0,125	30,5	12,5	1,30	1,88	0,0167	44,27

