

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Инновационные технологии пожаротушения. Возможности тонкораспыленной воды.

Обучающийся

Н.В. Белова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

И.В. Дерябин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Содержание

Введение.....	3
1 Информационно-аналитический обзор в области пожаротушения.....	10
1.1 Нормативные правовые требования к организации пожаротушения.....	10
1.2 Российский и международный опыт использования инновационных технологий пожаротушения.....	17
2 Анализ современных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды.....	25
2.1 Виды систем пожаротушения тонкораспыленной водой.....	25
2.2 Вопросы безопасности и эффективности тушения пожаров при использовании тонкораспыленной воды.....	35
3 Предлагаемые для реализации инновационные средства пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды.....	44
3.1 Внедрение инновационных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды.....	44
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации пожаротушения.....	50
Заключение.....	67
Список используемых источников.....	71
Приложение А Расчеты затрат на модернизацию, эксплуатационные расходы, расчет срока окупаемости предлагаемого мероприятия.....	76

## Введение

Анализ статистических данных о причинах и объектах пожаров по Республике Татарстан, представлен в таблице 1. Массив информации свидетельствует о снижении количества пожаров, числа погибших и травмированных людей, а также о прямом материальном ущербе. Тем не менее, следует отметить, что общее число пожаров все еще остается значительным. Этот факт подчеркивает актуальность и научную значимость исследования данной проблемы. Понимание причин такого количества пожаров позволит разработать эффективные стратегии и меры по их предотвращению и уменьшению возможных негативных последствий.

Таблица 1 - Статистические данные по причинам и объектам пожаров в Республике Татарстан январь-октябрь 2022-2023 годы

Объект пожара	Количество пожаров			Прямой материальный ущерб, руб			Количество погибших людей, чел			Количество травмированных людей, чел		
	2022	2023	%	2022	2023	%	2022	2023	%	2022	2023	%
	2	3					2	3		2	3	
Здания производственного назначения	36	44	22,22	1241785 11	4046016 0	- 67,42	0	0	0,00	3	4	33,3 3
Складские здания	17	5	- 70,59	6381281	2515784	- 60,58	0	0	0,00	0	0	0,00
Помещения предприятий торговли, а также здания и сооружения	45	38	- 15,56	7235879 5	1356163	- 98,13	0	0	0,00	0	0	0,00

Продолжение таблицы 1

Здания жилого назначения	209 2	187 9	- 10,18	1381380 68	5188533 6	- 62,44	132	97	- 26,52	135	112	- 17,0 4
Сооружения, установки промышленн ого назначения	20	19	-5,00	3002971	20000	- 99,33	0	0	0,00	0	2	+2 сл
Неэксплуатир уемое здание	241	172	- 28,63	805000	584307	- 27,42	7	1	- 85,71	1	0	-1 сл

Одной из важнейших задач в сфере противопожарной защиты является разработка новых конструкций и принципов действия систем пожаротушения. Эти системы направлены на предотвращение и ограничение последствий поражения людей и материальных ценностей опасными факторами пожара, а также на организацию своевременной и безопасной эвакуации людей. Эффективным путем снижения числа пожаров и их негативных последствий является применение комплекса противопожарных мер, включающего в себя различные средства и системы пожаротушения.

Актуальным и важным направлением исследований в области пожаротушения является то, что вода очень эффективна в качестве огнетушащего вещества. В настоящее время существует разнообразие средств и систем пожаротушения, включающих различные огнетушащие вещества (ОТВ). Однако, вода остается самым доступным, дешевым и экологически безопасным ОТВ. С учетом этого, создателям современных систем пожаротушения стоит передача задачи по повышению эффективности применения воды в роли огнетушащего вещества.

Одним из перспективных способов решением является применение тонкораспыленной воды (ТРВ) для пожаротушения. При использовании ТРВ происходит поглощение тепла из горючих газов и пламени капельками

огнетушащего вещества. Это приводит к охлаждению зоны горения и образованию водяного пара, который замещает воздух в зоне горения. Таким образом, ТРВ позволяет эффективно тушить пожары, снижая объем воды, необходимый для тушения пожара, и уменьшая длительность процесса тушения.

Поэтому, актуальность исследований в данной области обусловлена необходимостью повышения эффективности и эффективности применения воды в качестве огнетушащего вещества. Основными задачами этих исследований являются снижение объема воды, необходимой для эффективного пожаротушения, и сокращение длительности процесса тушения. В связи с этим, исследования в данной области являются важными как с практической, так и с научной точки зрения.

Объект исследования: система управления пожарной безопасностью на примере пожарного катера проекта 16640 «Вьюн».

Предмет исследования: эффективность пожаротушения с помощью автоматических установок водяного пожаротушения с применением тонкораспыленной воды.

Цель исследования: совершенствование существующей системы противопожарной защиты, путем повышения эффективности систем пожаротушения.

Гипотеза исследования состоит в том, что мероприятия по улучшению пожарной безопасности влияют на уровень пожарного риска на объектах с массовым пребыванием людей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить литературные источники, нормативные документы правовые акты по тематике диссертационного исследования;
- провести анализ современных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды;
- рассмотреть возможность внедрения инновационных технологий

- пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды;
- провести анализ и оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации пожаротушения.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: законы и подзаконные акты в сфере пожарной безопасности, научная литература по пожарной безопасности.

Методы исследования:

Эмпирический метод исследования - наблюдение и исследование техносферной безопасности объектов промышленности.

Теоретический метод исследования - анализ научных изданий (материалов сборников научных конференций, периодических изданий,), а также учебных пособий (учебники, методические указания и учебные пособия,), затрагивающих тематику научно-исследовательской работы.

Опытно-экспериментальная база исследования: пожарный катер проекта 16640 «Вьюн».

Научная новизна исследования заключается в:

- формировании механизма обеспечения пожарной безопасности объектов путем применения современных систем пожаротушения;
- разработке рекомендаций по внедрению инновационных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды на пожарный катер проекта 16640 «Вьюн».

Теоретическая значимость исследования заключается в: разработанных методах, обеспечивающих повышение эффективности системы управления пожарными рисками на пожарном катере проекта 16640 «Вьюн».

Практическая значимость исследования: предложенное мероприятие, а именно, установка системы пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались: использованием сертифицированного измерительного

оборудования, корректным применением методов системного анализа, а также результатами экспериментальной проверки.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в постановке цели, определении требуемых для ее достижения задач и их теоретической и практической реализации.

На защиту выносятся:

- результаты модернизации системы пожаротушения пожарного катера проекта 16640 «Вьюн»;
- научно обоснованные рекомендации по снижению величины пожарного риска при возникновении пожара на судах, плавсредствах и береговых объектах.

В течение всего исследования проводилась апробация и внедрение полученных результатов. Их отражение представлено в научной статье, опубликованной в феврале 2023 года в электронном научном журнале "Студенческий" под названием "Применение автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой" (№ 6, (218)).

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 17 рисунков, 4 таблицы, список использованной литературы (32 источника), 1 приложения. Основной текст работы изложен на 75 страницах.

## Термины и определения

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

- дренчерный ороситель (распылитель) - ороситель (распылитель) с открытым выходным отверстием;
- модульная установка пожаротушения – автоматическая установка пожаротушения, состоящая из одного или нескольких модулей, объединенных единой системой обнаружения пожара и приведения их в действие, способных самостоятельно выполнять функцию пожаротушения и размещенных в защищаемом помещении или рядом с ним;
- огнетушащее вещество - вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения;
- ороситель - устройство, предназначенное для распределения струй огнетушащего вещества в жидкой фазе по защищаемой площади;
- спринклерный ороситель (распылитель) - ороситель (распылитель), оснащенный тепловым замком;
- тонкораспыленная вода - распыленный водяной поток или поток жидкого огнетушащего вещества со среднеарифметическим диаметром капель 150 мкм и менее;
- установка пожаротушения - совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества;
- установка пожаротушения автоматическая- установка пожаротушения, автоматически срабатывающая при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне, а также обеспечивающая передачу сигнала о пожаре во внешние цепи.

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие сокращения и обозначения:

АУПТ - автоматическая установка пожаротушения;

АУВПТ - автоматическая установка водяного пожаротушения;

ГЖ - горючая жидкость;

ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость;

МУПТВ - модульная автоматическая установка пожаротушения тонкораспыленной водой;

ОТВ - огнетушащее вещество;

ОФП - опасные факторы пожара;

СП - своды правил;

ТРВ - тонкораспыленная вода;

АУПТ ТРВ - автоматическая установка пожаротушения тонкораспыленной водой;

АУПТ ТРВ НД - автоматическая установка пожаротушения тонкораспыленной водой низкого давления;

АУПТ ТРВ ВД - автоматическая установка пожаротушения тонкораспыленной водой высокого давления;

СНиП - строительные нормы и правила.

# **1 Информационно-аналитический обзор в области пожаротушения**

## **1.1 Нормативные правовые требования к организации пожаротушения**

В Российской Федерации законодательство о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [13], который является основным документом, определяющим общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в стране. В соответствии с данным законом принимаются другие федеральные законы и нормативные правовые акты, а также законы и акты субъектов Российской Федерации, муниципальные нормативно-правовые акты, которые регулируют вопросы пожарной безопасности.

Федеральный закон № 69-ФЗ обеспечивает порядок пожарной безопасности между органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями, учреждениями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, а также между общественными объединениями, иными юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, гражданами Российской Федерации, должностными лицами, иностранными гражданами, лицами без гражданства [13].

Кроме этого основополагающего закона и принимаемых на его основе законодательных актов, пожарная безопасность регулируется также общими нормами гражданского и уголовного законодательства Российской Федерации. Это означает, что лица, нарушающие требования пожарной безопасности, могут привлекаться к ответственности и подвергаться санкциям в соответствии с законом. В целом, законодательство обеспечивает установление системы норм и правил, направленных на предотвращение пожаров, минимизацию возможных последствий и обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и имущества в Российской Федерации. Для

эффективной реализации этих мер Правительство РФ и компетентные органы организуют систему контроля для выполнения требований пожарной безопасности, а также обеспечивают проведение обучения и повышение квалификации специалистов в этой области.

Общие понятия, определения и порядок реализации прав и обязанностей предприятий, граждан в области пожарной безопасности также предусматриваются законодательными и нормативно-правовыми актами [13, 15, 26]. Следует также обратить внимание на Правила противопожарного режима в Российской Федерации, которые были утверждены Постановлением Правительства РФ от 16 сентября 2020 года № 1479 [11].

Технический регламент, являющийся обязательным для исполнения, устанавливает также требования к объектам технического регулирования, включая продукцию и процессы, связанные с ее проектированием, производством, строительством, монтажом, эксплуатацией, хранением, перевозкой, реализацией и утилизацией [15, ст. 2].

В современном обществе для достижения упорядоченности и повышения конкурентоспособности различных продуктов, работ и услуг активно осуществляется деятельность по стандартизации. Данная деятельность включает в себя процесс установления определенных правил, которые могут быть использованы неограниченное количество раз. Основной целью стандартизации является установление однозначных правил и характеристик в сферах производства и обращения продукции. Это позволяет не только снизить возможные риски и неопределенность, но и создать условия для более эффективного взаимодействия между производителями и потребителями. Стандартизация играет ключевую роль в формировании единого и согласованного подхода, способствующего достижению высокого качества и безопасности предлагаемых продуктов или услуг. Благодаря установлению стандартов, участники рынка имеют возможность опираться на единые критерии и ориентироваться на установленные стандарты качества. Это способствует повышению эффективности производства,

улучшению взаимодействия между различными предприятиями и созданию благоприятных условий для конкуренции. Успешная стандартизация обеспечивает гармонизацию требований, снижение транзакционных издержек и способствует развитию внутреннего и международного рынков. Все это способствует созданию стабильной и прогрессивной экономической среды, что является одним из основных условий для развития и процветания любого государства.

В соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ, основополагающие требования пожарной безопасности должны быть соблюдены на каждом объекте защиты. Имеется возможность добровольного использования стандартов и сводов правил для выполнения требований технических регламентов. При этом оценка соответствия требованиям технических регламентов может проводиться, основываясь только на подтверждении или соответствии указанным стандартам и сводам правил.

В соответствии с положениями стандартов и правил, неправильное выполнение которых нельзя рассматривать, как нарушение требований технических регламентов [15, ч. 4 ст. 12], каждый объект, который требует защиты, обязан быть оснащен системой, обеспечивающую пожарную безопасность [26, ч. 1 ст. 5].

Система обеспечения пожарной безопасности - это система, включающая в себя комплекс мер и средств, направленных на предотвращение возникновения возможных пожаров, тушение и проведение аварийно-спасательных работ. Ключевыми компонентами этой системы являются система предотвращения пожара, система противопожарной защиты и организационно-технические мероприятия.

Обеспечение пожарной безопасности объекта возможно, если соблюдать следующие условия:

- выполнять требования по пожарной безопасности, установленные техническими регламентами в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", в полном

объеме, при этом пожарный риск не должен превышать установленных законом допустимых значений;

- выполнять требования по пожарной безопасности, которые установлены техническими регламентами в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности.

При этом должны быть учтены все необходимые меры по противопожарной безопасности, направленные на предотвращение и минимизацию возможных последствий пожара. Основной целью является обеспечение защиты лиц и имущества от опасных пожарных факторов, а также обеспечение безопасной эвакуации людей. Подходы к противопожарной защите могут быть разделены на активные и пассивные меры. Пассивная защита, направленная на предотвращение возникновения пожара, его раннее прекращение, локализацию и ограничение распространения. Активная противопожарная защита включает в себя комплекс мероприятий и технических средств, таких как автоматические пожаротушащие системы, предназначенная для быстрого обнаружения и ликвидации пожара, а также для снижения влияния опасных пожарных факторов на людей и сохранения имущества. Одной из главных задач современной противопожарной защиты является исследование, разработка и создание условий применения новых эффективных средств пожаротушения для защиты разнообразных объектов [26].

На рынке сегодня представлено множество различных систем пожаротушения, включающих в себя системы водяного пожаротушения, порошкового, газового, аэрозольного, пенного, системы, основанные на понижении концентрации кислорода. Причем, каждая из них имеет свои преимущества и недостатки, которые должны учитываться в зависимости от конкретной ситуации.

Например, системы порошкового и аэрозольного пожаротушения могут вызвать скрытые повреждения оборудования, поэтому их не

рекомендуют применять на объектах с большим количеством людей, так как они не являются оптимальным выбором для тушения дорогостоящих технических устройств и электрокоммуникаций.

Системы газового пожаротушения и системы, которые основываются на минимизации содержания кислорода, требуют герметичности помещения и не являются экономически целесообразными для использования в больших объемах. Кроме того, применение газовых систем требует эвакуации персонала перед тушением пожара. Эти системы также представляют риск для окружающей среды и природы.

Таким образом, при выборе средства пожаротушения необходимо учитывать конкретные условия тушения, требования безопасности, а также экологические и экономические аспекты. Важно подходить к выбору системы пожаротушения с учетом всех этих факторов, чтобы обеспечить эффективность и безопасность при борьбе с огнем.

Однако, несмотря на все вышеуказанные недостатки, наиболее доступным, экологически безопасным и дешевым средством пожаротушения остается вода. Водные системы пожаротушения широко доступны, и могут быть эффективно использованы для тушения пожаров различного масштаба. Более того, применение воды не вызывает серьезных экологических проблем и не требует специального обслуживания.

В научно-исследовательском стиле рассмотрим требования пожарной безопасности, которые регламентируют защиту зданий, сооружений, помещений и оборудования. Наиболее важными мерами в этой области являются автоматические установки пожаротушения (АУП) и системы пожарной сигнализации (СПС). При разработке проектов, реконструкции или капитальном ремонте этих объектов, а также при изменении их функционального назначения, эксплуатации и техническом перевооружении, следует руководствоваться сводом правил под названием "Системы противопожарной защиты" [20]. Такие меры необходимы для обеспечения надежной и эффективной защиты от пожара и минимизации возможных

ущербов. Вышеуказанные АУП и СПС должны проектироваться соответственно с требованиями свода правил «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [21] и свода правил «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» [20].

ТРВ является одним из важных путей эффективности водного пожаротушения. Тушение достигается путем поглощения тепла из горючих газов и пламени капельками огнетушащего вещества, что приводит к охлаждению зоны горения и образованию водяного пара, замещающего воздух в зоне горения. После проведения исследований был определен оптимальный размер капель ТРВ -  $100 \pm 50$  микрон, дающих наилучший результат. Данный размер капель также установлен в нормативных документах, указывающих, что среднеарифметический диаметр капель тонкораспыленного потока огнетушащего вещества не должен превышать 150 мкм. Автоматические установки пожаротушения тонкораспыленной водой (АУПТ ТРВ) обеспечивают возможность тушения практически всех веществ и материалов, за исключением тех, которые реагируют с водой с выделением тепловой энергии и горючих газов.

Стандарты организации (СТО) это документ по стандартизации, который разрабатывается и применяется организацией. Он может охватывать различные аспекты деятельности организации: процессы, продукцию, оказываемые услуги. СТО может быть разработан для продукции, которую организация создает и поставляет на внутренний и внешний рынок, а также для работ и услуг, которые она выполняет на стороне, в соответствии с заключенными договорами или контрактами. Применение стандартов организации способствует не только повышению качества продукции и услуг, но и эффективной организации процессов производства. Они служат основой для регулярного контроля и улучшения деятельности организации. Благодаря СТО, удастся добиться стабильности и надежности операций, что

способствует достижению поставленных организацией целей и удовлетворению потребностей клиентов.

Автоматическое устройство пожаротушения на основе тепловых распылителей (АУПТ ТРВ) является мощным инструментом борьбы с возгораниями и предлагает множество преимуществ. Во-первых, его использование способствует повышению эффективности пожаротушения, благодаря особому механизму распыления воды, в результате чего потребляется меньшее количество воды для тушения очага пожара, а также снижается риск негативных последствий для материальных ценностей.

Главным преимуществом автоматического пожаротушения на основе тонкораспыленной воды является то, что значительно снижается воздействие опасных факторов пожара на посетителей и персонал объектов, а также на конструкции зданий и сооружений. Это происходит за счет распыления воды, при которой огонь тушится, предотвращая или уменьшая возможность проникновения дыма и токсичных газов в другие помещения.

Компактные размеры АУПТ ТРВ – еще одно преимущество данной системы, а это в свою очередь ведет к сокращению времени, необходимого для быстрой локализации очага пожара, за счет совершенствования трубопроводов и оборудования.

Таким образом, применение АУПТ ТРВ предоставляет широкие возможности для эффективного пожаротушения, с минимальными негативными последствиями для материальных ценностей и безопасности людей.

Не смотря на все достоинства АУПТ ТРВ, существует недостаток в ограниченной нормативной базе, которая должна определять условия применения систем ТРВ. В настоящее время не существует общего, универсального способа для оценки эффективности данной системы пожаротушения. Существуют нормативные документы, которые регламентируют использование автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой и модульных установок автоматического

пожаротушения ТРВ. Одним из таких документов является «Руководство по определению автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой», разработанное ФГУ ВНИИПО МЧС России, в котором представлена методика определения интенсивности и продолжительности подачи воды на тушение. Еще одним документом является ГОСТ Р 53288-2009, который устанавливает типы, общие технические требования и методы испытаний модульных установок автоматического пожаротушения ТРВ.

Однако только СП 485.1311500.2020 и НПБ 88-2001 устанавливают требование к проектированию на основе технических условий, разрабатываемых применительно к конкретному защищаемому объекту или группе однородных объектов. Они основаны на нормативно-технической документации предприятия-изготовителя установок. Таким образом, для проектирования систем ТРВ необходимо учитывать указанные технические условия и ориентироваться на нормативно-техническую документацию производителя.

После анализа законодательных и нормативно-правовых актов, касающихся пожарной безопасности, можно сделать вывод о сложностях одобрения применения автоматических установок пожаротушения (АУПТ) типа "трением клапана" на определенных объектах. По сравнению с другими методами пожаротушения, согласование применения АУПТ ТРВ требует больше ресурсов и времени. Чтобы оценить эффективность и разработать рекомендации для проектирования данной системы, необходимо сертифицировать модуль или компоненты и собрать агрегатные системы. После этого необходимо провести серию полномасштабных испытаний.

## **1.2 Российский и международный опыт использования инновационных технологий пожаротушения**

Актуальная проблематика разработки и использования установок пожаротушения ТРВ различных конструкций и характеристик является

значимой как на территории России, так и за ее пределами. В настоящее время наблюдается увеличение числа таких установок, которые заметно отличаются друг от друга по ряду параметров, включая конструкцию распылителей, дисперсность капель, скорость и направление капельного потока, а также составы и концентрацию добавок к воде. Кроме того, с учетом специфики каждого конкретного очага пожара, стремительно возникает потребность в использовании установок ТРВ с различной интенсивностью и временем подачи воды для эффективного тушения пламени.

История разработки систем пожаротушения ТРВ за нашей границей началась в 1930 году. За прошедшее время было создано и испытано огромное количество различных систем ТРВ. В ходе исследований было выявлено, что основные характеристики тонкораспыленной воды, такие как скорость капель, дисперсный состав, в значительной степени зависят от давления, когда вода выходит из оросительной головки. В связи с этим, для стандартизации установок ТРВ была введена классификация в зависимости от давления:

- низкое давление - менее 1,25 МПа,
- среднее давление - от 1,25 МПа до 3,5 МПа,
- высокое давление - более 3,5 МПа.

До 1 марта 2021 года в нормативно-правовой документации России отсутствовало разделение по давлению установок пожаротушения ТРВ. В предыдущей версии свода правил СП 5.13130, которая утратила силу с введением 01.03.2021 года, в связи со вступлением в силу свода правил СП 485.1311500.2020 [21], существовал пункт 5.15, определяющий максимальное давление у оросителя водяных и пенных автоматических установок пожаротушения, которое не должно было превышать 1 МПа, если нет иного регулирования, применимого к определенному защищаемому объекту или группе однородных объектов, на основании технических условий, разработанных организацией с соответствующими полномочиями.

С учетом ограничений, существующих в данной области, возникла необходимость в совместном создании установок ТРВ среднего и высокого давления и разработке технических условий для конкретных объектов. Однако из-за этих ограничений развитие данного направления было ограничено. Как результат, большинство отечественных разработок в области ТРВ были связаны с системами низкого давления. Необходимо отметить, что такая ограниченность развития данного направления значительно влияла на общий прогресс в области ТРВ. Однако, с учетом современных технологических возможностей и первоочередных потребностей, необходимо обратить свое внимание на разработку установок ТРВ среднего и высокого давления. Это позволит расширить сферу применения ТРВ и повысить эффективность их работы в различных отраслях промышленности. Для успешной реализации таких установок необходимо проведение комплексных исследований и разработок, а также создание технических условий, учитывающих специфику работающих объектов. Такой подход позволит развить данное направление и преодолеть существующие ограничения. Важно отметить, что успех в разработке установок ТРВ среднего и высокого давления сможет значительно повлиять на технологический прогресс и улучшение производительности в различных отраслях промышленности. Однако для достижения этих целей необходимо инвестировать в научные исследования и разработки в данной области. В результате совместных усилий ведущих специалистов и разработчиков, возможно достичь новых высот в области ТРВ и создать инновационные решения, которые помогут улучшить безопасность и эффективность работы систем среднего и высокого давления. Можно сделать вывод о том, что разработка установок ТРВ среднего и высокого давления является актуальным и перспективным направлением, которое может привести к существенному прогрессу и новым возможностям в области технологий регулирования давления.

Введение свода правил СП 485.1311500.2020 [21] с 1 марта 2021 года определило разделение систем пожаротушения ТРВ на низкое и высокое давление, в зависимости от давления в распылителе или корпусе модуля. Установки низкого давления имеют давление до 2 Мпа включительно (АУП ТРВ НД), а установки высокого давления имеют давление более 2 Мпа (АУП ТРВ ВД).

В соответствии с настоящим сводом правил, при разработке автоматического установочного пункта (АУП) требуется подготовить не только проектную и (или) рабочую документацию, которая должна соответствовать ГОСТ Р 21.1101-2013 [3], но также паспорт АУП, разработанный в соответствии с ГОСТ Р 2.601-2019 [4]. Дополнительно, проектная организация должна разработать программы приемочных и периодических испытаний (при эксплуатации), которые создаются по требованию заказчика. Также требуется разработать гидравлические схемы для размещения в насосной станции - схему противопожарного водоснабжения и схему обвязки насосов [21, п. 5.7].

Важным нововведением является возможность использования СТО (стандартных технических условий), согласованных с федеральным органом исполнительной власти, ответственным за нормативно-правовое регулирование в области пожарной безопасности, при проектировании АУП-ТРВ. При этом использование данных документов предполагается только после успешного прохождения огневых испытаний для группы однородных объектов или группы однородной пожарной нагрузки [21, п. 6.4.3].

Различия между зарубежными и российскими стандартами также наблюдаются в определении тонкораспыленной воды. Согласно NFPA750 [28], поток воды считается тонкораспыленным, если 99% капель будут иметь размер менее 1000 мкм. За рубежом это значение составляет 90%.

Отечественная классификация определяет тонкораспыленную воду как воду, у которой среднеарифметический размер капель не превышает 150 мкм. Однако важно отметить, что существующие различия, присутствующие

в различных статистических способах оценки дисперсионного состава воды не могут означать того, что требования к характеристикам ТРВ являются более высокими.

Ведущие мировые исследовательские центры активно занимаются проведением экспериментов, направленных на изучение эффективности процессов тушения тонкораспыленной водой. Одним из таких экспериментов является исследование, проведенное в 1995 году в лаборатории Национального Института Стандартов и Технологии (NIST) в США, результаты которого доступны для общественности. В рамках данного исследования был осуществлен подсчет и измерение огромного количества капель, которые были выпущены из оросителя системы ТРВ низкого давления. Испытания с использованием стандартного оросителя проводились на таком же оборудовании и в той же самой лаборатории Национального Института Стандартов и Технологии были проведены в том же самом году. Исходя из проведенных экспериментов, был сделан вывод о том, что тушение с помощью тонкораспыленной воды демонстрирует эффективность, превышающую эффективность оросителя общего назначения, на 30%.

Расчеты, выполненные для оросителей ТРВ низкого давления, могут быть пересмотрены с учетом оросителей ТРВ высокого давления. Предположительно, оросители ТРВ высокого давления могут обеспечить более тонкое распыление и, как следствие, более высокий эффект воздействия. Однако, точные экспериментальные данные необходимы для подтверждения этой гипотезы.

Процесс горения сопровождается выбросом большого количества горячих газов, что приводит к интенсивному нагреву окружающего воздуха. Высокоскоростная движущаяся вверх газоздушная смесь, присутствующая в данной ситуации, может быть отнесена к явлению кинетической энергии. Разумеется, в силу наличия массы у всех газов, включая воздух, факел огня также обладает этим свойством. Повышение уровня кинетической энергии в

данном случае непосредственно связано с увеличением расстояния от места горения до верхней точки помещения. Каплям из оросителя нужно преодолеть восходящие потоки воздуха, для того чтобы добраться до поверхности горения. Это требует наличия достаточной кинетической энергии у капель. Понятно, что если распыленный состав воды в оросителе ТРВ представлен большим количеством капель малого размера, лишь немногие из них смогут достичь поверхности горения.

Отмечается отсутствие экспериментальных данных, подтверждающих повышенную эффективность ТРВ в экранировании теплового излучения. Тем не менее, это свойство можно успешно применять для разработки систем локализации пожаров и водяных завес.

В настоящем исследовании рассматривается возможный положительный эффект от использования установок технического пожаротушения (ТРВ) для того, чтобы защитить людей от негативного воздействия продуктами горения. Основной фокус исследования заключается в определении влияния размера капель и их количества на процесс осаждения дыма. Проведение экспериментов и аналитических исследований в этой области является одним из приоритетных направлений деятельности Российской Академии Наук. Целью этих исследований является выявление относительного эффекта для установок ТРВ по сравнению с альтернативными системами пожаротушения, в контексте минимизации потерь человеческих жизней в случае пожара. Предполагается, что результаты исследований позволят разработать математические модели и получить точные экспериментальные данные, которые будут использоваться при выработке критериев и правил для проектирования ТРВ-установок. Это позволит повысить эффективность и надежность таких систем и обеспечить более результативную защиту людей от воздействия опасных факторов пожара.

Согласно стандарту [27] и нормам NFPA [28], за рубежом активно проводятся исследования по развитию и совершенствованию технологий

пожаротушения с применением ТРВ ВД. На данном этапе, отечественные организации не заинтересованы к продвижению технологий на основе тонкораспыленной воды высокого давления и как следствие недостаточной нормативно-правовых документов. Из-за отсутствия такой поддержки, необходимо провести более глубокий анализ эффективности ТРВ ВД и рассмотреть возможность нахождения эффективной системы пожаротушения, что позволит до минимума вторичный ущерб от пожаров.

Наше исследование было основано на анализе зарубежных источников [27]-[32], представленных в различных масс-медиа. В результате мы составили перечень объектов, где можно эффективно применять системы пожаротушения на основе танковых распылителей (ТРВ). Сюда входят:

- различные помещения на судах, такие как каюты, коридоры и машинные отделения;
- мезонины и квартиры;
- жилые дома;
- дома-интернаты (пансионаты);
- детские учреждения (детские сады и ясли);
- образовательные учреждения (школы) и высшие учебные заведения;
- отели, пансионаты и санатории;
- клиники, больницы, госпитали;
- общежития.

подавляющее большинство этих объектов являются жилыми помещениями, характеризующимися небольшой пожарной нагрузкой, а также компактными размерами и невысокими потолками.

Вывод к первому разделу.

Проведенный анализ изученных научных публикаций и учебных пособий, затрагивающих тематику магистерской диссертации, показывает, что интерес к данной теме остается достаточно актуальным. Выполнение исследований, посвященных принципам работы и разработке устройств

систем пожаротушения тонкораспыленной водой, вызвало повышенный интерес в разное время. Это привело к подчеркиванию актуальности данной проблемы. Особый вклад в развитие и изучение автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой был сделан сотрудниками ВНИИПО МЧС России, включая Копылова Н. П., Цариченко С.Г., Былинкина В.А., Мешмана Л.М., Губина Р.Ю., Гергеля В.И. и других.

Проведенный анализ нормативно-правовых документов, которые регламентируют характеристики, касающиеся объекта и предмета исследований магистерской диссертации, показывает, что за последние три года перечень основных нормативных правовых актов и руководящих документов в области объекта и предмета исследований магистерской диссертации в достаточной степени дополняется и обновляется (ГОСТ Р 59636-2021. Установки пожаротушения автоматические. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность. СП 485. 1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. СП 10. 13130 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.).

## **2 Анализ современных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды**

### **2.1 Виды систем пожаротушения тонкораспыленной водой**

В использовании современных технологий в пожаротушении заключается первостепенная задача для любого предприятия. С целью достижения более эффективных и быстрых результатов в борьбе с огнем, новые методы пожаротушения стремятся учесть классификацию и местоположение возгорания. Это направление исследования заслуживает особого внимания в силу его важности для обеспечения безопасности объектов и снижения возможных потерь. Вместе с тем, использование современных технологий позволяет оптимизировать процесс тушения пожара, снижая риски для работников предприятия и облегчая восстановительные мероприятия. В данном контексте, новые методы пожаротушения представляют собой перспективное направление для исследований и внедрения на практике. Они могут включать в себя использование различных химических и физических реакций, применение специализированного оборудования, автоматизацию процесса и технические инновации, адаптированные для различных ситуаций и условий. Кроме того, помимо разработки новых методов пожаротушения, исследования также направлены на повышение эффективности уже существующих технологий путем их оптимизации и доработки. Это позволяет создать комплексные и гибкие системы пожаротушения, способные эффективно реагировать на разнообразные ситуации и обеспечивать максимальную безопасность и минимальные потери. В свете вышеизложенного, исследования в области новых методов пожаротушения являются важным направлением деятельности предприятий и организаций, стремящихся повысить уровень безопасности и оперативность действий в случае возникновения пожара.

Согласно Закону Российской Федерации «О пожарной безопасности», научно-техническое обеспечение пожарной безопасности осуществляют научно-исследовательские, опытно-конструкторские, проектные и другие научно-технические учреждения и организации [13]. Осуществление финансовой поддержки для разработки новых научно-технических разработок в области пожарной безопасности является важной задачей и требует сбалансированной системы каналов финансирования. В настоящее время финансирование этой области осуществляется из различных источников, включая федеральный бюджет, бюджеты субъектов Российской Федерации, местные бюджеты, средства предприятий и фондов пожарной безопасности, а также другие источники финансирования.

Управление процессом научно-технического прогресса в области пожарной охраны является важной задачей и требует рационального подхода. Для достижения оптимальных результатов необходимо определить направления этого прогресса, выбрать наиболее эффективные варианты, оценить потенциал производства и провести успешное внедрение новой пожарной техники. При этом важным фактором является определение экономического эффекта, который должен быть основой принятия решений.

В качестве новой пожарной техники можно выделить несколько категорий. Во-первых, это продукты, созданные на основе результатов научных исследований, инженерных решений и изобретений, проведенных в России. Они являются важным активом для повышения уровня пожарной безопасности и могут включать в себя новые материалы, улучшенные конструкции и современные технологии. Во-вторых, можно выделить улучшенные изделия, которые превосходят существующую пожарную технику по технико-экономическим показателям и качеству. Это могут быть улучшенные пожарные автомобили, системы пожаротушения, средства индивидуальной защиты и другие средства пожарной техники, которые обладают повышенной эффективностью и надежностью.

Сегодня для того, чтобы защитить здания и помещения от пожаров используют установки пожаротушения. Согласно нормативной документации, «установки пожаротушения - совокупность стационарных технических средств тушения пожара путем выпуска огнетушащего вещества» [2]. Применение автоматических систем пожаротушения находит широкое практическое использование в расчете на высокую эффективность при организации систем пожаробезопасности различных объектов. Их автоматизированная работа позволяет эффективно бороться с пожарами различных уровней сложности еще до приезда специализированных пожарных служб.

Агрегатные установки пожаротушения имеют целью обеспечение защиты нескольких помещений или зон, а модульные установки пожаротушения в основном устанавливаются на небольших объектах или помещениях. Для защиты больших площадей в основном используются агрегатные установки, которые обеспечивают эффективное пожаротушение. Однако в последнее время высокую эффективность в качестве автономных систем пожаротушения показали системы дренчерного и спринклерного типа. Эти системы могут функционировать независимо и подключаться к пожарной сигнализации, чтобы производить автономное пожаротушение в контролируемых помещениях при срабатывании сигнала. Дренчерная система активируется электронным блоком или ручной активацией, после чего происходит подача смеси огнетушащего вещества, создающая завесу, которая препятствует распространению огня и нейтрализует его. Автоматическая активация спринклерной системы происходит при достижении определенной температуры в контролируемой зоне. Головки спринклерной установки закрыты тепловыми замками, которые могут плавиться при определенных температурных условиях. Когда температура достигает заданного значения, тепловой замок расплавляется, позволяя выпускать воду или пену из головки спринклера.

Основные типы установок пожаротушения можно наглядно представить на рисунке 1. Существует три основных типа установок: автоматические, ручные и автоматизированные (комбинированные). Кроме того, установки можно систематизировать по способу тушения: объемному, поверхностному, локальному по объему и локальному по поверхности.



Рисунок 1 - Схема систематизации установок пожаротушения

На сегодняшний день рынок средств пожаротушения предлагает широкий выбор различных вариантов. На рисунке 2 представлена схема систематизации установок пожаротушения по виду огнетушащего вещества. В настоящее время доступны различные системы пожаротушения, каждая из них имеет свои преимущества и недостатки.

Системы порошкового и аэрозольного пожаротушения являются эффективными в тушении пожаров различного типа. Однако, было выяснено, что при использовании этих систем на объектах с большим количеством людей возможны определенные проблемы. Также стоит учесть, что они не рекомендуются для тушения дорогостоящей техники и

электрокоммуникаций. Это связано с высокой химической активностью таких веществ, что может приводить к скрытым повреждениям оборудования. Газовые системы пожаротушения, а также системы с пониженной концентрацией кислорода являются эффективными в тушении пожаров больших масштабов. Однако, такие системы требуют герметичного помещения для обеспечения оптимальных условий работы, при использовании газов для тушения пожара необходимо эвакуировать персонал. Газовые системы имеют неблагоприятное воздействие на экологию. Кроме того, экономическая целесообразность их использования также ограничена.

Таким образом, при выборе системы пожаротушения необходимо учитывать специфику объекта и его потенциальные угрозы. Необходимо провести комплексный анализ преимуществ и недостатков каждой системы, а также осуществить подбор системы, которая будет наиболее эффективной и безопасной для данного объекта.



Рисунок 2 - Схема классификации установок пожаротушения по виду ОТВ

Системы пожаротушения на базе воды остаются наиболее популярными и распространенными. Это объясняется их доступностью и невысокой стоимостью, даже при значительных расходах, а также наличием запасов в наружных сетях и пожарных водоемах. Однако современные системы пожаротушения стремятся повысить эффективность применения воды в качестве средства тушения. Одним из решений является использование тонкораспыленной воды (ТРВ).

Автоматические установки пожаротушения (АУПТ) на основе ТРВ имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными водными системами. В частности, такие установки обеспечивают эффективное подавление возгорания, минимизацию количества необходимой воды и, в результате, сокращение вторичных ущербов. Кроме того, они позволяют быстро локализовать и потушить пожар, сократить размеры трубопроводов и оборудования, ограничить воздействие огня на людей и конструкции, а также эффективно удалить токсичные газы и дым из помещений. Эти факторы являются важными аспектами в обеспечении надежной системы пожаротушения, способной минимизировать потенциальные угрозы и повысить безопасность внутренней среды. Автоматические установки пожаротушения с применением тонкораспыленной воды (АУП-ТРВ) являются эффективным средством тушения пожаров классов А и В. В соответствии с ГОСТ 27331 и технической документацией, АУП-ТРВ может использоваться для поверхностного, локально-поверхностного и локально-объемного тушения пожаров указанных классов. В процессе применения данной технологии, тепло от горящих газов и пламени поглощается каплями огнетушащего вещества, что приводит к охлаждению зоны горения. Кроме того, в результате этого процесса, образуется водяной пар, замещающий воздух в зоне горения. Этот механизм способствует эффективному тушению пожара и предотвращению его распространения.

В национальных промышленных стандартах России установки для пожаротушения тонкораспыленной водой классифицируются следующим

образом. Во-первых, они делятся на основе давления в распылителе или в корпусе модуля. Установки низкого давления имеют давление до 2 Мпа, в то время как установки высокого давления имеют давление больше 2 Мпа. Во-вторых, классификация основана на конструктивном исполнении. Установки могут быть модульного типа или агрегатного типа. Эта классификация помогает регулировать и стандартизировать системы пожаротушения тонкораспыленной водой в России. Источником данной информации является [21, п. 6.4.1].

Установка пожаротушения тонкораспыленной водой действует по простому принципу. Система автоматической пожарной сигнализации (АПС) активирует запорный механизм пускового баллона модуля тушения после срабатывания датчиков дыма, тепла и извещателей пламени. В некоторых случаях активировать систему тушения можно при помощи ручных извещателей, выполняющих функцию пускового устройства установки АУП ТРВ, в других - могут сработать датчики дыма, тепла или извещатели пламени, система автоматической пожарной сигнализации (АПС) отправляет сигнал на активацию запорного механизма пускового баллона модуля тушения. Затем, получившаяся смесь, под давлением поступает в распределительные трубопроводы, установленные под потолком помещения, и достигает оросителей, которые выплескивают тонкораспыленную воду, известную как водяной туман. Этот водяной туман отлично тушит пожар. Контроль за поступлением очищенной воды осуществляется автоматически. Если давление в резервуаре превышает заданное контрольное значение, то срабатывает предохранительный клапан.

Модульная установка пожаротушения, которая работает на основе тонкораспыленной воды, включает в себя один или несколько модулей, объединенных в единую систему обнаружения пожара и активации. Каждый модуль обладает способностью самостоятельно выполнять функцию пожаротушения и может быть размещен в защищаемом помещении или

рядом с ним. Пример модульной установки представлен на рисунке 3, приведенном в данном исследовании [10].



Рисунок 3 - Модульная установка пожаротушения ТРВ

В ГОСТ Р 53288-2009 [2], представлено перечисление технических характеристик, маркировки, способов испытаний, правил приемки для жидких ОТВ, а так же для модульных автоматических установок пожаротушения ТРВ. Гидравлический расчет модульных АУП-ТРВ должен выполняться в соответствии с методикой, предоставленной производителем или иной организацией, которая была верифицирована федеральным органом исполнительной власти, ответственным за нормативно-правовое регулирование в области обеспечения пожарной безопасности [21, п. 6.4.7]. Хранение запаса ОТВ и алгоритм работы должны соответствовать технической документации, предоставленной изготовителем [21, п. 6.4.10].

Общая классификация установок пожаротушения тонкораспыленной водой приведена в таблице 2 [1].

Таблица 2 - Общая классификация установок пожаротушения тонкораспыленной водой

Классификационный признак	Характеристика
Вид огнетушащего вещества	- вода; - вода с добавками; - газоводяная смесь; - жидкие ОТВ.
Инерционность срабатывания	- малоинерционные; - среднеинерционные.
Продолжительность действия	- кратковременное; - продолжительное.
Тип действия	- непрерывное; - циклическое.
Вид водопитателя	- сжатый газ; - сжиженный газ; - газогенератор; - насос; - комбинированный.

Модульные аппараты управления пожаротушением (АУП-ТРВ) представляют собой разновидность оборудования для тушения пожаров, который оснащен баллоном вытесняющего газа. Для сокращения задержки в активации системы АУТ ТРВ возможно предложить использование модулей, где огнетушащее средство уже находится внутри самого модуля и готово к использованию. Это удобное решение, которое обеспечивает надежную защиту от пожаров.

В агрегатных установках пожаротушения, реализуется концепция, где технические средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования огнетушащего вещества конструктивно представляют собой отдельные компоненты, которые монтируются непосредственно на объекте, призванном подлежащему защите.

Согласно пункту 6.4.9 [21], в агрегатных установках пожаротушения с техническими резервуарами внутри доменной конструкции или соответствующе размещенными резервуарами, предусматривается хранение запаса огнетушащего вещества (отдельного технического ресурса) для

пожаротушения. Насосы высокого давления обеспечивают подачу огнетушащего вещества в трубопроводную разводку по сигналу от специализированных систем обнаружения пожара и/или при активации теплового замка спринклерного распылителя. Внутри здания, при активации системы пожаротушения с использованием агрегатной установки, имеется возможность применения воды для дополнительной поддержки запасов воды в резервуарах противопожарного водопровода

Модульные и агрегатные установки пожаротушения тонкораспыленной водой отличаются друг от друга важными особенностями, которые нужно учесть при их выборе и установке. Агрегатные установки требуют сборки из отдельных агрегатов и установки в специально выделенном помещении, отделенном от тех помещений, которые нужно обезопасить. Это позволяет более гибко подходить к расположению и конфигурации системы пожаротушения в зависимости от особенностей конкретного помещения.

В России на данный момент наиболее популярными являются модульные автоматические установки пожаротушения. Они отличаются от агрегатных установок тем, что уже собраны в готовых модулях и могут быть установлены в помещении непосредственно на месте их эксплуатации. Такой подход обеспечивает более простую и быструю установку системы пожаротушения, что может быть особенно важным в случае необходимости быстрого реагирования на возможные пожарные ситуации.

Выбор между модульными и агрегатными установками пожаротушения тонкораспыленной водой должен основываться на анализе конкретной ситуации и требований безопасности. Каждый вариант имеет свои преимущества и ограничения, которые следует учитывать при принятии решения.

## **2.2 Вопросы безопасности и эффективности тушения пожаров при использовании тонкораспыленной воды**

В настоящее время возникает все больше вопросов относительно эффективности использования тонкораспыленной воды в качестве огнетушащего средства. В России активно ведется политика направленная на внедрение и использование систем пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды. Однако, некоторые ученые высказывают сомнения относительно применимости этой системы в качестве универсального средства тушения пожаров. С этой целью проводится значительное количество различных экспериментов. В то же время, использование автономных установок пожаротушения с тонкораспыленной водой сталкивается с отсутствием нормативных требований, что вызывает сомнения у многих научных работников [1], [24], [6].

В научно-исследовательском стиле, проделав анализ доступных исследований о применении технических реактивных веществ (ТРВ) в качестве средства пожаротушения, можно выделить основные компоненты механизма тушения. Существуют три ключевых аспекта в эффективной борьбе с огнем: охлаждение зоны горения, снижение содержания кислорода в окружающей среде путем его замещения парами воды и снижение теплового излучения от пламени.

В научно-исследовательском докладе [14] подчеркивается, что эффективность технической воды в качестве огнетушащего средства определена рядом фундаментальных факторов. Размеры капель, или дисперсность технической воды, оказывают значительное влияние на ее эффективность. Интенсивность орошения - еще один важный фактор, который определяет возможность полного покрытия огненного очага и его эффективного тушения. И, наконец, наличие определенных добавок в технической воде может также улучшить ее огнетушащие свойства. В целом,

комбинация этих трех факторов определяет эффективность ТРВ в качестве огнетушащего средства.

Среднеарифметический диаметр капель водяных систем пожаротушения в АУП ТРВ составляет  $100 \pm 50$  микрон. Этот параметр оказывает значительное влияние на результативность тушения пожара. В свете этого, нормативные документы, такие как СП 485.1311500.2020 и НПБ 88-2001, установили, что средний диаметр капель в тонкораспыленном потоке огнетушащего вещества не должен превышать  $150 \pm 75$  микрон. Это подтверждает значимость использования АУП ТРВ для достижения наилучших результатов при пожаротушении. Значения средних диаметров капель при различных типах пожаротушения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения средних диаметров капель при различных типах пожаротушения

Типы пожаротушения	Значения средних диаметров капель /мкм
Традиционное водяное пожаротушение (спринклерное или дренчерное)	1000
Установки пожаротушения ТРВ низкого давления (до 2 Мпа включительно)	80-150
Установки пожаротушения ТРВ высокого давления (более 2 Мпа)	50

АУП ТРВ активно применяется в различных объектах, таких как промышленные предприятия, склады, торговые центры и другие. Это связано с его преимуществами перед классическими системами пожаротушения. Во-первых, маленький диаметр капли позволяет достичь максимального контакта с пламенем, что обеспечивает более эффективное подавление пожара. Во-вторых, технология распыления позволяет равномерно распределить огнетушащее вещество по всей площади пожара, что также способствует его эффективному тушению.

Кроме того, использование АУП ТРВ не требует больших объемов воды, что делает его экологически более безопасным в сравнении с другими системами пожаротушения. Более того, благодаря возможности дистанционного управления и контроля, АУП ТРВ обладает высокой автоматизацией, что упрощает его эксплуатацию и обслуживание.

Таким образом, АУП ТРВ является перспективным и эффективным средством пожаротушения, которое может быть применено в различных условиях и обеспечить высокую степень безопасности от возгорания.

В работе проведены исследования, отражающие влияние давления на параметры тонкораспыленной воды, включая дисперсный состав и скорость капель. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что давление играет значительную роль в процессе, когда вода выходит из оросителя.

Существуют различные типы установок пожаротушения тонкораспыленной водой, которые можно классифицировать на основе давления в диктующем распылителе или в корпусе модуля. Они включают в себя установки низкого давления с давлением до 2 Мпа (АУП ТРВ НД) и установки высокого давления с давлением более 2 Мпа (АУП ТРВ ВД) [20].

При ликвидации возгораний при помощи установок ТРВ в помещении создается облако из мелкодисперсных (эффективный диаметр менее 100 мкм или 0,1 мм, в отличие от обычных капель с диаметром 0,4-2,0 мм) частиц воды. Выпущенные под определенным давлением (от 10 МПа и выше) частицы воды превращаются в водяной туман, способный проникать в самые труднодоступные места, обеспечивая, таким образом, тушение по всему объему помещения. Мелкодисперсный водяной туман вбирает в себя твердые частицы дыма, тем самым снижается задымление в защищаемом объеме помещения. Создание облака мелкодисперсных частиц воды в помещении при помощи установок ТРВ при ликвидации пожаров является эффективным методом тушения. Данные частицы обладают эффективным диаметром менее 100 мкм или 0,1 мм, что отличает их от обычных капель воды диаметром от

0,4 до 2,0 мм. Под давлением от 10 МПа и выше, эти частицы превращаются в водяной туман, который способен проникать в самые труднодоступные места помещения, обеспечивая тушение пожара на всем его объеме. Особенностью мелкодисперсного водяного тумана является его способность захватывать твердые частицы дыма, что в свою очередь снижает задымление помещения, подлежащего защите.

Интенсивность подачи распыленной воды является важной характеристикой установок пожаротушения. Ее достаточность должна обеспечивать эффективное поглощение выделяющегося при пожаре тепла. Для этого необходимо обеспечить определенный уровень интенсивности подачи воды, который будет соответствовать требуемой энергии пожара. Эта характеристика зависит от различных факторов, например от объема пожара, степени его развития и объема пламени. При проектировании установок пожаротушения необходимо учитывать возможное увеличение интенсивности пожара в процессе его развития. Для этого рекомендуется применять маргинальный подход и предусмотреть выделение необходимой энергии для тушения возможного максимального пожара.

Определение требуемой интенсивности подачи распыленной воды может быть осуществлено путем расчета. Для этого необходимо учитывать параметры пожара, такие как его мощность, продолжительность и химический состав горючего вещества. Также необходимо учесть особенности конструкции помещения, в котором происходит пожар, и потребности водонапорной системы. Инженерам необходимо учитывать возможные изменения пожара в процессе его развития. Такие изменения могут влиять на интенсивность подачи воды и, соответственно, на эффективность пожаротушения. Поэтому важно осуществлять непрерывный мониторинг пожарной ситуации для того, что своевременно корректировать параметры подачи воды.

Таким образом, если основываться на характеристиках пожара и особенностях помещения, то можно определить необходимую интенсивность

подачи распыленной воды для эффективного пожаротушения. Это позволит обеспечить надежную защиту от пожара и сократить возможные материальные потери.

Изменение поверхностного натяжения и дисперсности капель играют важную роль в эффективности пожаротушающего средства ТРВ. Существенным фактором, который влияет на эти характеристики, является присутствие добавок в воде таких как поверхностно-активные вещества (ПАВ). Образующаяся на поверхности пленка, при тушении горючих жидкостей и твердых горючих материалов, способствует более результативному тушению очага пожаров. Таким образом, можно смело утверждать, что поверхностно-активные вещества и другие добавки к воде обладают значительным влиянием на эффективность пожаротушающего средства ТРВ [16].

В настоящее время в России и за рубежом разработано большое количество установок пожаротушения ТРВ с различной конструкцией распылителей, дисперсностью капель, скоростью и направлением капельного потока [14]. Кроме того, в процессе экспериментов меняли и состав добавок к воде. Также следует отметить, что интенсивность и время, необходимые для тушения однотипных очагов пожара с использованием различных распыливающих устройств, также имеют различные значения. Это связано с особенностями конструкции и настроек каждого отдельного устройства пожаротушения ТРВ.

При разработке установок пожаротушения, которые применяются для обеспечения безопасности на объектах, требуется определение основных нормативных параметров орошения и подачи тонкораспыленной воды. Для этого необходимо проводить огневые опыты на модельных очагах пожара. В ходе эксперимента требуется определить интенсивность орошения и продолжительность подачи воды для каждого конкретного типа используемого распылителя и типа защищаемого объекта.

При увеличении давления в рабочей системе ТРВ необходимо уменьшать выходное отверстие оросителя. В пределах от 3 до 5 мм находится диаметр для систем с низким давлением. Чтобы предотвратить засорение этого отверстия при тушении, вода должна быть очищена от посторонних включений аналогичного размера. Для этого каждый распылитель ТРВ должен быть оборудован фильтрующим элементом в соответствии с ГОСТ Р 51043 или иметь конструкцию, которая исключает засорение проходного канала, согласно п. 6.4.4 [21].

В ходе процесса горения наблюдается эмиссия значительного объема газов, обладающих повышенной температурой, а также интенсивное нагревание окружающей атмосферы. Газовоздушная смесь, двигаясь вверх с ускоренной скоростью, формирует факел огня, который обладает кинетической энергией. Эта энергия зависит от расстояния между поверхностью горения и потолком помещения. Чем больше это расстояние, тем большую кинетическую энергию факел способен развить.

В процессе тушения, капли, происходящие из оросителя, сталкиваются с входящими воздушными потоками в направлении вверх, чтобы достичь точки возгорания. Для успешного достижения данной цели, необходимо, чтобы эти капли обладали высокой кинетической энергией. Очевидно, что если распыленная вода, поступающая из оросителя, в значительной степени состоит из капель малого размера, то только незначительная часть из них сможет допеть до точки возгорания.

В настоящем исследовании рассмотрим новый тип автоматической установки пожаротушения (АУПТ), который отличается от привычных дренчерных и спринклерных водяных систем. Вместо использования воды, предлагается применение вытесняющего газа. Однако, следует отметить, что этот новый подход имеет некоторые недостатки, в частности, ограниченный запас вытесняющего газа, что в свою очередь сокращает время работы модуля тушения. В случае пожара, существует риск, что недостаточно будет

времени для оперативного тушения, что может привести только к локализации пожара в лучшем случае.

Для решения данной проблемы, предлагается использовать установки с компрессорным способом подачи вытесняющего газа. Однако, следует учесть, что такие системы являются сложными и требуют значительных финансовых затрат на производство. Более того, для предотвращения забивания механическими примесями и минеральными осадками мелких отверстий оросителей, такие установки требуют дорогостоящей водоподготовки. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования и разработки с целью оптимизации и улучшения нового типа автоматической установки пожаротушения, основанной на использовании вытесняющего газа. Следует учитывать как экономические, так и технические аспекты, чтобы создать эффективную и доступную систему пожаротушения.

В ситуациях, когда автоматическое пожаротушение необходимо, но невозможно применить другие виды пожаротушения, оправдано использование стационарных установок тонкораспыленной воды. Этот метод эффективен на объектах, где находятся люди на постоянной основе.

Эффективность применения систем пожаротушения с использованием тонкораспыленного водяного тумана (ТРВ) возможно на широком спектре объектов, что было подтверждено зарубежными источниками [27]. Согласно данным исследования, такие системы могут быть успешно установлены и использованы на судах ( машинные отделения, каюты, коридоры). Установка систем пожаротушения ТРВ также рекомендуется для мезонинов и квартир, жилых домов, а также домов престарелых. Возможности применения ТРВ систем расширяются и на объекты образования и медицины. Такие системы могут быть установлены в детских садах и яслях, а также в школах и высших учебных заведениях. Кроме того, повышение уровня безопасности оправдано и в отелях, пансионатах и санаториях, где системы ТРВ могут успешно предотвращать и тушить пожары. Отмечается также необходимость установки таких систем в госпиталях и больницах, где безопасность

пациентов и персонала является особенно важной. Инженеры и специалисты также рекомендуют применять ТРВ системы на промышленных объектах, в частности на промышленных кухнях, где риск возникновения пожаров достаточно высок. Наконец, общежития являются еще одним видом объектов, на которых применение данной системы является целесообразным и эффективным. Обращая внимание на перечень, можно заметить, что он состоит в основном из небольших жилых помещений с ограниченной площадью и высотой, обладающих низким уровнем пожарной нагрузки. Одним из главных преимуществ, для применения тонкораспыленной воды, является обеспечение безопасности людей, что делает ее более предпочтительной по сравнению со спринклерными или дренчерными системами, а тем более по сравнению с порошковыми или газовыми установками.

Применение стационарных установок тонкораспыленной воды является эффективным и необходимым средством автоматического пожаротушения в помещениях, где требуется эвакуация людей и облегчение работы пожарных подразделений. Путем распыления воды достигается охлаждающий эффект, что способствует снижению температуры внутри помещения. Это, в свою очередь, позволяет эффективно тушить пожар и уменьшить расход воды на процесс тушения. Большой объем распыляемой воды обеспечивает дополнительные преимущества, такие как минимизация ущерба, причиняемого от проливания жидкостей. Основное применение стационарных установок тонкораспыленной воды рекомендуется на объектах с постоянным пребыванием людей, где невозможно использование других методов пожаротушения. Это обусловлено не только эффективностью такой системы, но и ее безопасностью для людей, находящихся внутри здания в момент пожара.

Вывод ко второму разделу.

Пожаротушение с использованием тонкораспыленной воды - современная технология, которая может быть эффективной при

соответствующем применении на защищаемых объектах. Руководствуясь проектными решениями и заключениями специалистов, при выборе модулей и установок пожаротушения ТРВ, собственники и руководители могут принимать осознанные решения, исключая участие рекламы производителей в данном процессе. Важно учитывать, что в техническом обеспечении пожарной безопасности требуется специфичная экспертная оценка с точки зрения соответствия применяемых модулей и установок ТРВ требованиям нормативных документов и эксплуатационным условиям. Грамотная поддержка и консультации специалистов при принятии таких решений имеют значение для обеспечения безопасности сооружений. Стремление к надежному пожаротушению повлекло за собой разработку специальных требований, основывающихся на пожарной опасности, масштабе объектов и их функциональном назначении. Знание и понимание этих требований играют определяющую роль при выборе модулей и установок пожаротушения ТРВ. Вместе с тем, обязательно следует отметить, что решение о применении конкретных модулей и установок пожаротушения ТРВ должно приниматься в соответствии с индивидуальными особенностями объектов и спецификой их функционирования. В таких случаях реклама производителей не является руководством для выбора, поскольку это может быть нерационально и небезопасно. Поэтому, рекомендуется опираться исключительно на проектные решения и заключения специалистов, соблюдая вышеуказанные принципы.

### **3 Предлагаемые для реализации инновационные средства пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды**

#### **3.1 Внедрение инновационных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды**

Объектом исследования выбран пожарный катер проекта 16640 «Вьюн», рисунок 4.

Описание судна: быстроходный противопожарный катер "Вьюн", который был построен на судостроительном заводе "Вымпел", предназначен для экстренной помощи при возникновении пожара на судах, плавсредствах и береговых объектах. Он оснащен специальным оборудованием, таким как пенообразователи и пеносмесители для тушения горения нефтепродуктов из стволов. Суда доставляют боевые расчеты к месту пожара и подают воду как через пожарные рукава, так и из бортовых лафетов. Кроме того, с помощью этого теплохода можно буксировать горящие объекты в безопасное место, спасти людей и откачивать воду из затопленных судов.



Рисунок 4 - Пожарный катер проекта 16640 «Вьюн»

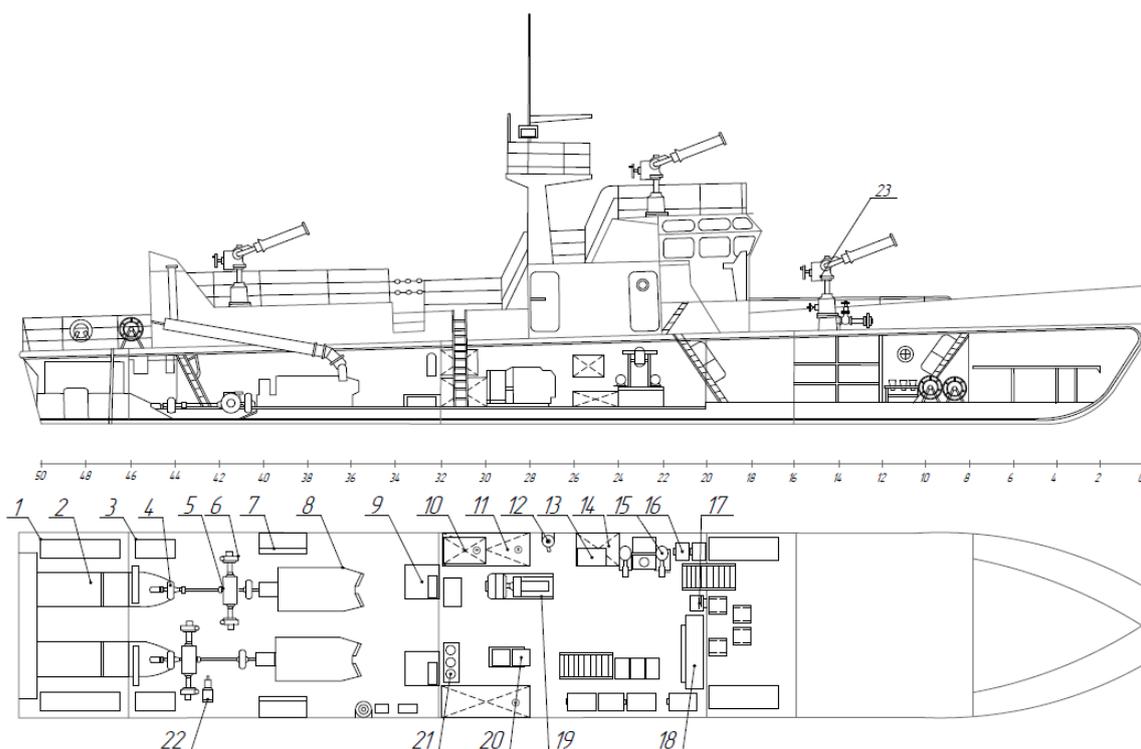
Тактико-технические характеристики пожарного катера проекта 16640 «Вьюн»:

- использование: реки, озера,
- экипаж: 5 человека,
- боевой расчет: 5 человек,
- главный двигатель: марка дизель 12ЧНС 18/20 (М-401А-2),
- мощность: 722х2 кВт,
- количество двигателей: 2,
- движитель: водометный,
- электрогенератор: дизель-генератор ДГА25М1-9, 25 кВт,
- марка пожарного насоса: ПН-60Б (4 шт),
- количество стационарных лафетных стволов: 3,
- дальность струи: 70 (вода), 40 (пена),
- лафетные стволы: 3,
- пенообразователь: 2,2 м<sup>3</sup>,
- огнетушащий порошок: 450 кг,
- длина: 30,94 м,
- ширина: 5,2 м,
- осадка: 0,73 (нос), 0,85 (корма),
- водоизмещение: 70,1 тонн,
- скорость хода: 36 км/ч.

Основное назначение судна является борьба с пожаром. Для этого на судне установлены пожарные насосы ПН-60Б (4 шт), а также 3 лафетных ствола.

Пожарные насосы ПН-60Б - это центробежные насосы. Они обладают возможностью обеспечивать высокий расход жидкости с достаточным напором до 100 метров и способны работать с различными источниками жидкости, такими как цистерна, водопровод или водоем. Использование центробежных насосов позволяет без препятствий перекрывать напорный трубопровод при необходимости.

Общее расположения механизмов и оборудования пожарного катера «Вьюн» показано на рисунке 5.



1 - пеноцистерна, 2 - водометная шахта, 3 – пенобак, 4 - эластичная муфта, 5 – вал, 6 - пожарный насос, 7 - ящик с кошмой, 8 - главный двигатель, 9 - масляный бак, 10 - расходная топливная цистерна, 11 - бортовая топливная цистерна, 12 - клинкет забортной воды, 13 - фекальный насос, 14 - фекальная цистерна, 15 - балластно-осушительный насос, 16 - резервный балластно-осушительный насос, 17 – стеллаж, 18 - слесарный верстак, 19 - дизель-генератор, 20 – компрессор, 21 - баллон со сжатым воздухом, 22 – валогенератор, 23 - пожарный лафет.

Рисунок 5 - Общее расположения механизмов и оборудования катера «Вьюн»

Для достижения самовсасывания, создания потока высокого давления или выполнения других специальных задач, в насосной станции можно устанавливать различные типы пожарных насосов. Наиболее распространенными из них являются насосы пожарные серии ПН-60Б. Пример пожарного насоса представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 - Пожарный центробежный насос ПН-60Б

Технические характеристики насоса:

- подача - 60 л/с,
- напор - 100 м,
- номинальная частота вращения вала - 2600 об/мин,
- потребляемая мощность - 95 кВт,
- коэффициент полезного действия - 0,58,
- высота всасывания - 7 м,
- диаметр всасывающего трубопровода - 150 мм,
- диаметр нагнетательного трубопровода - 80 мм.

Существует необходимость в использовании противопожарной системы на катере "Вьюн", которая предназначена для тушения пожаров на водных объектах. Ее главная цель заключается в обеспечении подачи воды или пены на место возгорания с целью эффективного тушения пожара.

Для тушения судов и плавучих объектов установлены три пожарных лафета производительностью 216 м<sup>3</sup>/ч. Пример пожарного лафета представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 - Пожарный лафет

Пожарная система на катере оснащена различными устройствами, включая насосы, пожарные арматуры, шланги и распылители, а также автоматические системы детектирования и подачи воды. Ключевым компонентом данной системы является система водоподачи, которая обеспечивает необходимое количество воды и ее равномерное распределение по площади возгорания для эффективного противодействия огню. Основная цель пожарной системы на пожарном катере заключается в обеспечении безопасного и эффективного тушения пожара на водных объектах.

Принцип работы системы водотушения и пенотушения представлен на рисунке 8.

При работе главного двигателя на холостом ходу вращения через ременную передачу передается на центробежные насосы ПН1, ПН2, ПН3, ПН4. Заборная вода поступает через кингстоны левого и правого борта КЛБ и КПБ. Центробежные насосы создают давления в системе пожаротушения общим давлением  $16 \text{ кг/см}^2$ . Вода по системе трубопроводов поступает к пожарным кранам ПК1 - ПК6 для подключения пожарных рукавов с ручными комбинированными стволами, а также к пожарным лафетам ПЛ1- ПЛ3 которые расположены в разных частях катера. Для тушения пожара пеной в системе предусмотрены две цистерны высокократной пены ЦВП

объем каждой 1,1 м<sup>3</sup>. Система запускается при помощи открытия проходных кранов Кпр и смешивается в эжекторе смесителе ЭжС, кратность пены регулируется при помощи крана дозатора КДЗ. Таким образом, на выходе из эжектора получается не просто забортная вода, а концентрированная пена.

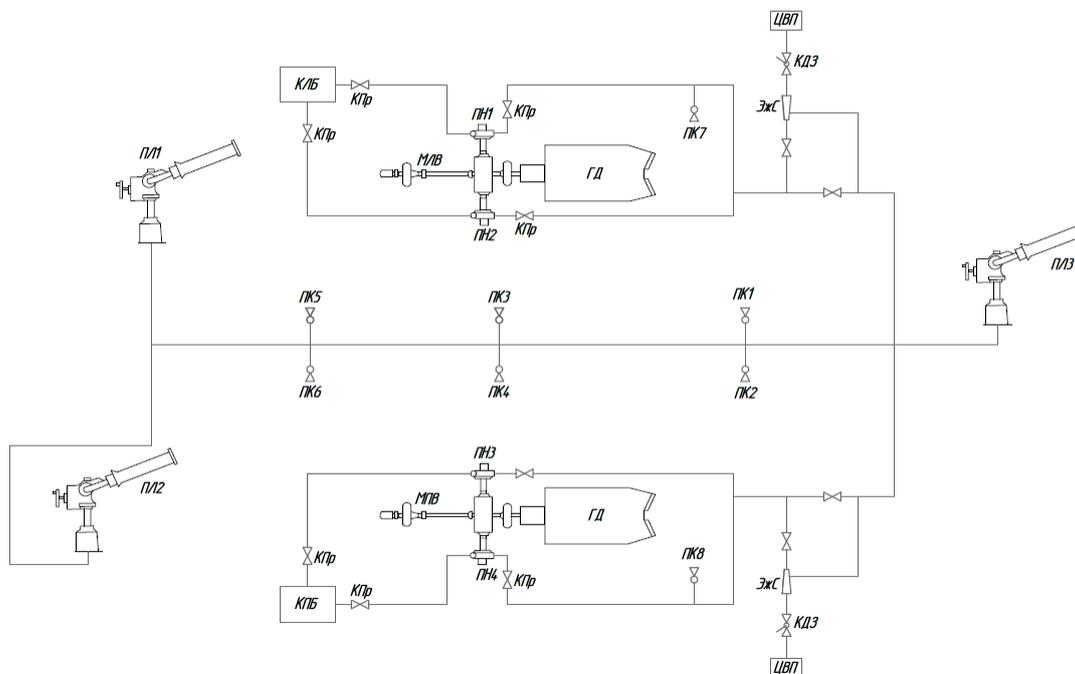


Рисунок 8 - Схема пожарной системы судна

Приводом данных пожарных насосов является ременная передача главных двигателей. Одним из недостатков данного судна является то, что при движении судна не имеется возможности тушения пожара, так как главный двигатель работает на гребной винт. При подходе катера к горящему объекту существует вероятность того что нефтесодержащие жидкости попали в воду и загорелись, то есть подход к горящему судну ближе 200 - 300 метров не возможен. Для этого катеру приходится терять драгоценное время для тушения нефтесодержащих жидкостей для прокладки маршрута к горящему объекту, так же существует опасность возгорания самого катера. В своей работе я предлагаю модернизировать данное судно путем установки

системы тонкораспыленной воды (система орошения) и систему водораспыления внутри судна.

Данная модернизация позволит катеру приближаться к горящему объекту и производить тушения пожара, уменьшив время подхода и риски возгорания самого катера.

Так как наше судно находится под надзором Российского Классификационного Общества, то все модернизационные мероприятия должны строго выполняться согласно его требованиям.

### **3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации пожаротушения**

В соответствии с требованиями Российского Классификационного Общества, система водораспыления в машинных помещениях категории А и в насосных отделениях должна постоянно содержать воду под давлением. Ее источником питания должна являться магистраль системы водотушения, а также независимый насос, который должен автоматически включаться при падении давления в системе. Для обеспечения правильной работы системы, невозвратно-запорный клапан должен быть установлен на соединительном трубопроводе с магистралью системы водотушения. В остальных защищаемых помещениях данная система должна питаться только от магистрали системы водотушения. При этом насос и средства его управления должны быть размещены отдельно от защищаемых системой помещений. Определение подачи и напора насоса должно учитывать параметры и количество распылителей, которые устанавливаются в наиболее больших защищаемых помещениях, а также интенсивность подачи воды, которая должна быть не менее:

- 0,85 л/мин на 1 м<sup>2</sup> площади палубы на судах, предназначенных для перевозки опасных грузов наливом;

- 5 л/мин на 1 м<sup>2</sup> площади, по которой может разлиться топливо, или площади грузового помещения;
- 20 л/мин на 1 м<sup>2</sup> для фронтальных частей и поверхностей котлов, установок жидкого топлива, сепараторов центробежного типа (но не сепараторов льяльных вод) и очистителей топлива;
- 10 л/мин на 1 м<sup>2</sup> для трубопроводов подогретого топлива, расположенных около выхлопных труб или подобных нагретых поверхностей главных и вспомогательных двигателей.

На приемной трубе насоса, питающего систему, и на соединительном трубопроводе с магистралью системы водотушения должны быть установлены фильтры, исключающие засорение системы и распылителей.

Распределительные клапаны должны располагаться в доступных местах вне защищаемого помещения. В защищаемых помещениях с постоянным пребыванием людей должно быть предусмотрено дистанционное управление распределительными клапанами из этих помещений.

Распылители в защищаемых помещениях должны быть размещены в следующих местах:

- под подволоком помещения;
- над оборудованием и техническими средствами, работа которых связана с использованием жидкого топлива или других воспламеняющихся жидкостей;
- над поверхностями, по которым может растекаться жидкое топливо или воспламеняющиеся жидкости.

Распылители в защищаемом помещении должны размещаться таким образом, чтобы зона действия любого распылителя перекрывала зоны действия смежных распылителей.

Российским Классификационным Обществом выставляются следующие требования для системы орошения судна:

- снабжение системы орошения должно производиться от насоса,

- который расположен вне защищаемых системой орошения помещений;
- пуск системы должен производиться извне защищаемого помещения (рекомендуется - установка систем автоматического действия, включающихся в работу при недопустимом повышении температуры в помещении);
  - подача насосов, обслуживающих систему орошения, должна составлять 24 л/мин на 1 м<sup>2</sup> полной площади защищаемого помещения, но не меньше;
  - для защиты надстроек судна, которые предназначены для тушения пожара на других судах, разрешается использовать систему водяного орошения (интенсивность подачи воды на защищаемую поверхность, в этом случае должна быть не менее 10 л/мин на 1 м<sup>2</sup> длины яруса и может быть снижена до 5 л/мин при условии, что защищаемые поверхности имеют изоляцию типа А-60. Секции системы следует размещать на каждом ярусе, при этом расположение сопел должно обеспечивать равномерную подачу воды на защищаемую наружную поверхность);
  - питание водой системы водяных завес должно осуществляться от магистрали системы водотушения (расчетная подача насосов, обслуживающих систему водяных завес, принимается из расчета не менее 70 л/мин на 1 м длины завесы;
  - завесы для защиты проемов дверей должны располагаться и управляться со стороны коридора.

#### Модернизационное мероприятие №1.

Согласно требованиям Российского Классификационного Общества, предварительно установка спринклерной головки производится над главными и вспомогательными ДВС, а так же над топливными и масляными цистернами. Спринклерные головки устанавливаются на 39, 36, 33, 32, 29, 27

шпангоутах. Общее количество 11 шт, радиус распыления спринклера 1 м<sup>2</sup>.  
 На рисунке 9 указаны места установок сплинкерных головок.

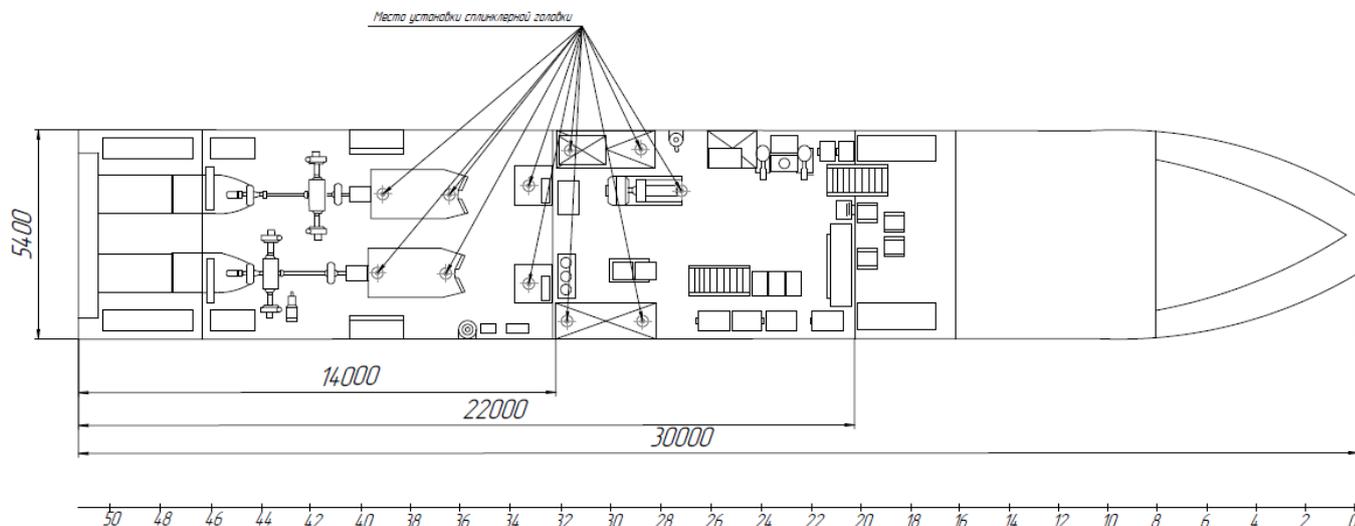


Рисунок 9 - Места установок спринклерных головок

Произведем расчет минимальной подачи насоса согласно требованиям РКО:

$$Q_n = 0,85 \times 11 \times 1 = 9,35 \text{ л/мин} = 0,54 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

Выбираем пневмоцистерну объемом 0,6 м<sup>3</sup> согласно ОСТ5. 4356-89. Для закачки пневмоцистерны устанавливаем вихревой насос ВКС 1/16А. Подача насоса 3,6 м<sup>3</sup>/ч; Напор 16 м; Частота вращения 1450 мин<sup>-1</sup>; Мощность 1,5 кВт.

Определим требуемую производительность оросителя:

$$q_p = J_p \times F_p, \quad (2)$$

где  $J_p$  - требуемая интенсивность орошения не менее 0,12 л/с × м<sup>2</sup>;

$F_p$  - площадь, защищаемая одним спринклерным оросителем или легкоплавким замком - 1 м<sup>2</sup>.

$$q_p = 0,12 \times 1 = 0,12$$

Требуемый коэффициент производительности оросителя:

$$K_p = q_p / \sqrt{h}, \quad (3)$$

где  $h$  - свободный напор перед оросителем, принимается равным 2,5 м.

$$K_p = \frac{0,12}{\sqrt{2,5}} = 0,076$$

По расчетному значению требуемого коэффициента производительности принимается диаметр выходного отверстия оросителя из условия  $K > K_p$ . Принимаем  $K = 0,1$  тогда диаметр выходного отверстия будет равен 10 мм.

Уточняем напор перед оросителем по формуле:

$$L = (q_p / K)^2 \quad (4)$$

$$L = (0,12 / 0,1)^2 = 1,44 \text{ м.}$$

Определяем количество оросителей по формуле:

$$N_c = F_n / F_p \quad (5)$$

где  $F_n$  – площадь, для расчета расхода воды - 11 м<sup>2</sup>.

$$N_c = 11 / 1 = 11 \text{ шт.}$$

Так же в систему устанавливаем невозвратный клапан и реле давления включения и отключения насоса. Принципиальная схема работы системы водораспыления в МО показана на рисунке 10.

Данная система находится под давлением не менее 2 и не более 3,6 кг/см<sup>2</sup>. Блок управления электромагнитный клапан 11 находится в открытом положении, через трубопровод 10 под давлением поступает к спринклерным головкам 12. При достижении температуры более 70 С° плавится замок в головке, что обеспечивает водораспыления от спринклера.

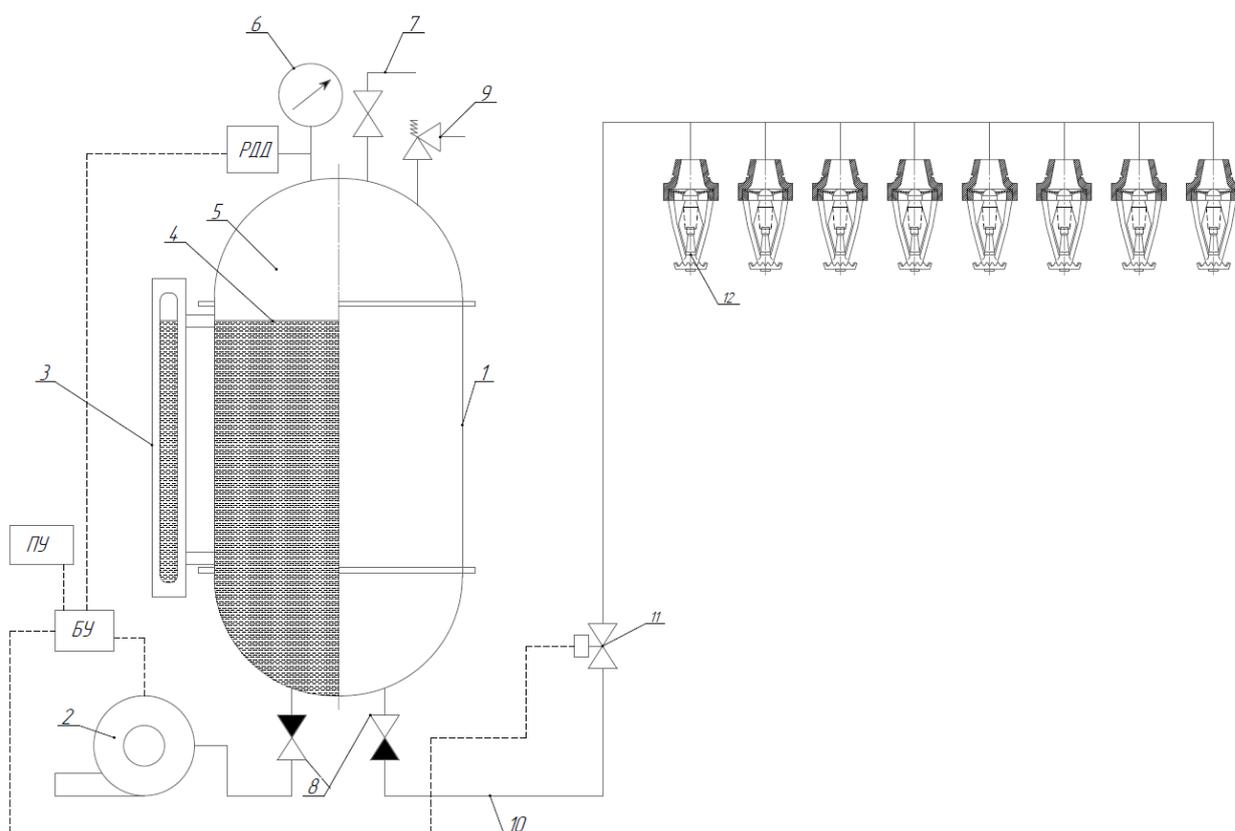


Рисунок 10 - Система водораспыления в МО

При падении давления в системе менее 2 кг/см<sup>2</sup>, запускается вихревой консольный насос ВКС, который накачивает воду в пневмоцистерну, перед пневмоцистерной 1 и после неё установлены невозвратные клапаны 8 которые обеспечивают сохранность давления в пневмоцистерне, в пневмоцистерне установлено реле давления РДД и манометр 6, для поддержания в пневмоцистерне воздушной подушки 5 установлен кран от

воздушной системы судна 7, для контроля воды в пневмоцистерне 4 имеется смотровое окно 3. При аварийном сбросе давления в случае отказа РДД установлен предохранительный клапан 9.

В научных исследованиях было выяснено, что использование распыленной воды является эффективным средством для борьбы с пожарами. Одной из важных особенностей этого метода является создание большой поверхности испарения при мелком распылении воды над очагом пожара. Это будет способствовать более результативному охлаждению и ускорит процесс испарения.

Одним из средств борьбы с пожарами является распыленная вода. При мелком распылении воды над очагом пожара формируется большая поверхность испарения, что повышает результативность охлаждения и увеличивается скорость процесса испарения. При этом практически вся вода испаряется в процессе борьбы с пожаром, что приводит к образованию обеднённой кислородом паровоздушной прослойки, которая отделяет очаг пожара от окружающего воздуха, тем самым предотвращая дальнейшее распространение огня.

При строительстве судов применяются несколько разновидностей водораспылительных систем, таких как спринклерная система, система водораспыления, система орошения и система водяных завес. Каждая из этих систем имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных условий и требований.

Таким образом, использование распыленной воды является важным и эффективным средством для борьбы с пожарами, особенно на судах. Правильный выбор и применение водо-распылительных систем позволяет эффективно контролировать и ликвидировать пожарные очаги, защищая людей и имущество от возможных разрушений и угроз.

Конструкция спринклерной головки показана на рисунке 11.

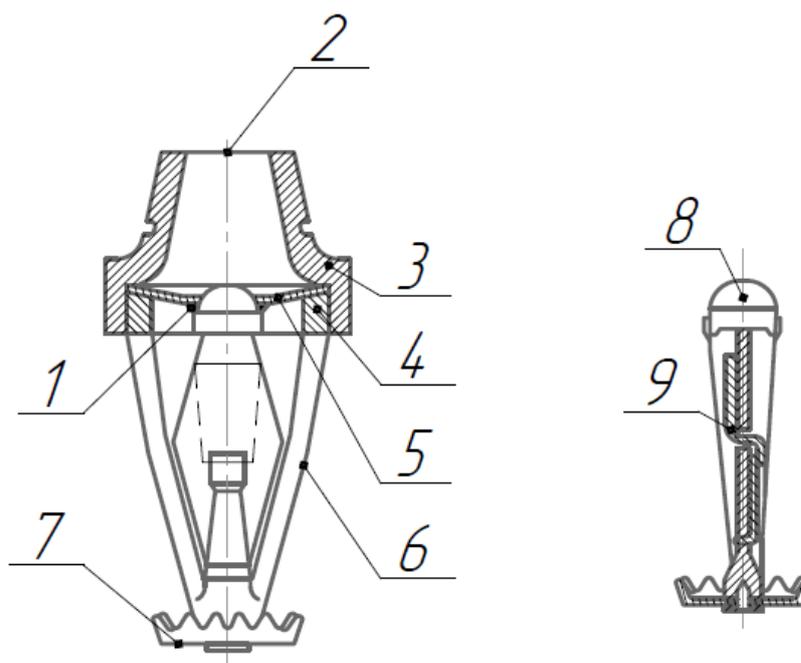


Рисунок 11 - Головка сплинклерная

Спринклерная система, применяемая на пассажирских судах, предназначена для тушения огня внутри помещений. Такая система опирается на использование спринклеров, которые обеспечивают распыленные струи воды. Они оснащены распиливающими насадками с легкоплавким замком, благодаря этому система получила название "спринклерная".

Работа спринклеров работает автоматически: когда достигается определенная температура в помещении, они автоматически открываются, это приводит к распылению воды в радиусе от 1 до 3 метров. Нужно отметить, что трубопроводы спринклерной системы всегда находятся под постоянным давлением и заполнены водой, что обеспечивает быстрое реагирование системы на возникновение пожара.

Спринклерная головка состоит из корпуса 3, в которую ввернуто кольцо 4, снабженное дужками 6. В центре диафрагмы 5 находится отверстие, по периметру которого напаян припой, образующий седло 1

стеклянного колпака 8, который служит клапаном. Клапан снизу поддерживается замком 9, части которого соединены, легкоплавким припоем, рассчитанным на температуру плавления от 343 до 453 К (от 70 до 180 С) (в зависимости от температурного режима помещения), а для жилых и служебных помещений - около 333 К (60 °С). Когда температура повышается - плавится припой, замок распадается и клапан 8 открывается под давлением воды, подводимой к отверстию 2. Вода, падая на розетку 7, разбрызгивается.

Обоснование и выбор полезных характеристик труб.

Так, по правилам Классификационного общества, для напорных трубопроводов нужно применять стальные трубы, скорость движения воды по которым не должна превышать 3 м/с. Поэтому принимаемый внутренний диаметр труб  $d_{\min}$  в м должен быть не менее:

$$d_{\min} = \frac{(Q_i)^{0,5}}{100} \quad (6)$$

где  $Q_i$  - расход воды, рассчитываемый участок трубопровода, м<sup>3</sup>/ч.

На рисунке 12 показано условное обозначение расположения трубопроводов спринклерной системы:

- участок 1 - 2,1 м,
- участок 2 - 8,9 м,
- участок 3 - 0,9 м,
- участок 4 - 1,0 м,
- участок 5 - 0,9 м,
- участок 6 - 1,0 м,
- участок 7 - 1,4 м,
- участок 8 - 1,3 м,
- участок 9 - 2,3 м,
- участок 10 - 2,2 м,

- участок 11 - 2,3 м,
- участок 12 - 2,2 м,
- участок 13 - 1,3 м.

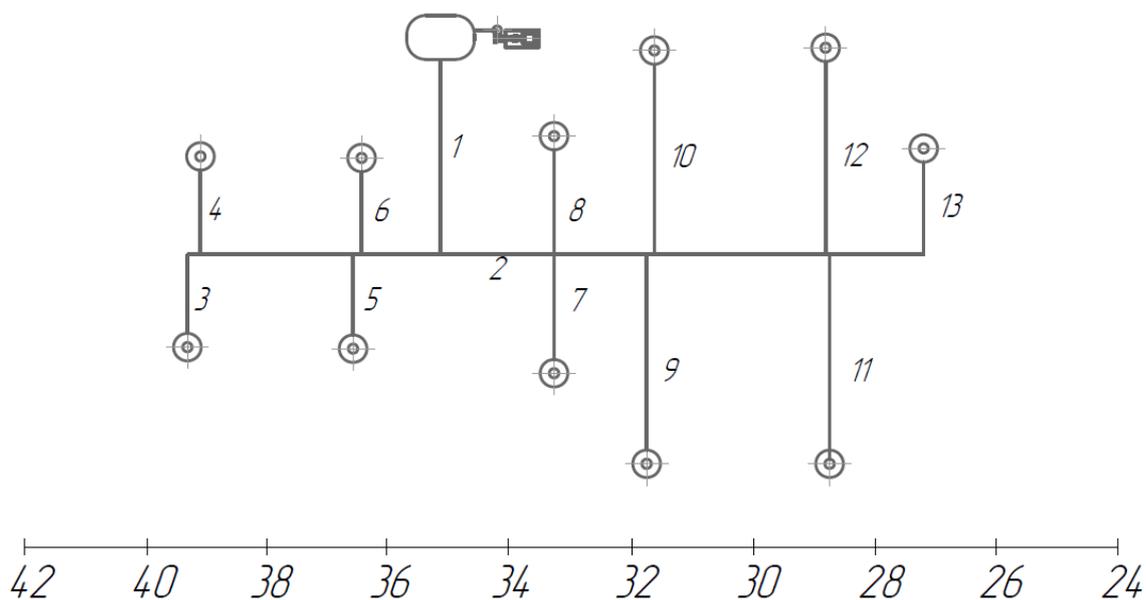


Рисунок 12 - Условное обозначение участков трубопровода спринклерной системы

Минимальный внутренний диаметр труб  $d_{\min}$ , на каждом участке трубопровода, определяется по нижеприведенной формуле, а конструктивное его значение  $d$  принимается равным ближайшему большему типоразмеру труб по ГОСТ 5.9586-75 с учетом их толщины и требований по унификации. Скорость потока воды на участке определяется по формуле:

$$V = \frac{0,00035 \times Q}{d^2} \quad (7)$$

где  $V$  - расчетная скорость потока воды на рассматриваемом участке трубопровода, м/с.

Для принятой схемы трубопровода определение внутренних диаметров выполняется в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет параметров труб

Участок	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Внутренний диаметр труб, м		Скорость потока, м/с
	значение	d <sub>min</sub>	d	
1	0,64	0,008	0,01	1,1
2	2,4	0,015	0,016	2,2
3	0,55	0,07	0,01	1,0
4	0,58	0,007	0,01	1,0
5	0,55	0,005	0,01	1,0
6	0,58	0,007	0,01	1,1
7	0,61	0,008	0,01	1,1
8	0,57	0,007	0,01	1,1
9	0,67	0,008	0,01	1,2
10	0,65	0,008	0,01	1,1
11	0,67	0,008	0,01	1,2
12	0,65	0,008	0,01	1,1
13	0,57	0,007	0,01	1,1

На каждый участок заданной схемы трубопровода, после определения параметров труб необходимо нанести их значения в соответствии со следующим условным обозначением:  $\frac{Q;V}{l;d}$

#### Модернизационное мероприятие № 2.

Как было сказано ранее, основное назначение судна - это тушение пожара на плавучих объектах. Судно из-за технических особенностей не может подойти к объекту в случае разлива и возгорания нефтепродуктов, для этого при подходе к зоне возгорания запускаются пожарные насосы и через лафеты производится тушения водной среды при этом приводы главных двигателей начинают работу на пожарные насосы, тем самым судно теряет

возможность двигаться дальше к горящему объекту. Наглядный пример показан на рисунке 13.

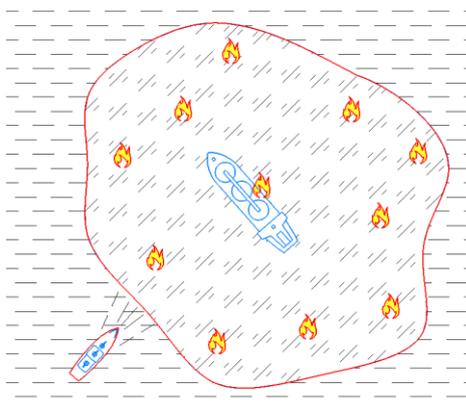


Рисунок 13 - Катер при тушении пожара до модернизации

В данной работе предлагается установить дополнительно систему орошения по всей главной палубе от отдельного насоса орошения. В таком случае у катера появляется возможность производить полив водой вокруг судна и продвигаться к горящему объекту, рисунок 14.

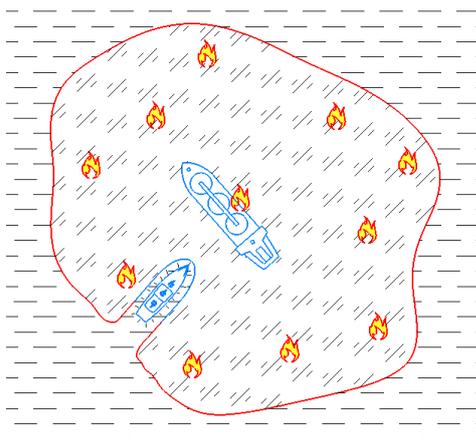


Рисунок 14 - Катер при тушении пожара после модернизации

Определим площадь области, которую необходимо покрыть орошением.

Минимальная безопасная площадь поверхности орошения 3 м. Однако стоит так же учесть, что установка оросителя у самого борта не возможна. Она будет находится в пределах 0,2-0,3 метра от борта. По этому, теоретическую площадь берем с запасом на 1 метр. Для этого на рисунке 15 рассчитаем и обозначим границы орошения.

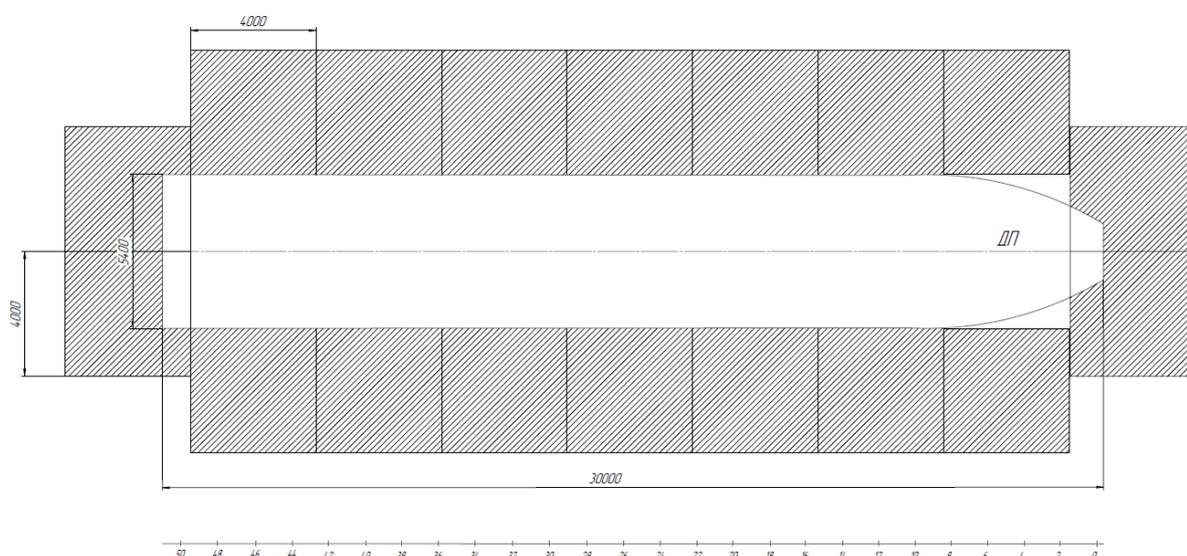


Рисунок 15 - Границы орошения судна

Как видно из рисунка 14 общая площадь покрываемая системой орошения составляет:  $18 \times 4 = 72 \text{ м}^2$

Определим требуемое давление воды. Оно зависит от требуемого распределения воды и типа распылителей. Давление воды обеспечивает эффективное покрытие области орошением.

Для системы орошения применяем эвольвентные оросители марки ОЭ с диапазоном рабочего давления 0,15 - 1,0 МПа.

Технические характеристики оросителя ОЭ-16:

- диапазон рабочего давления 0,15 – 1,00 МПа;
- коэффициент производительности  $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

- защищаемая площадь при минимальном давлении не менее (на воде при высоте установки 2,5 м - 12 м, а при высоте установки 1 м - 4 м);
- габаритные размеры, D×H×L, мм, не более 43×36×65;
- масса, не более 0,3 кг;
- предельное отклонение значения средней интенсивности орошения на защищаемой площади  $\pm 5 \%$ .

В современной промышленности неизбежно возникают ситуации, требующие оперативного тушения и ограничения возгораний на различных объектах. В таких случаях оросители являются неотъемлемой частью систем противопожарной безопасности. Они применяются для тушения и локализации возгораний, возникших на производстве, на промышленном оборудовании, на складах, на стоянках автотехники и локомотивных депо.

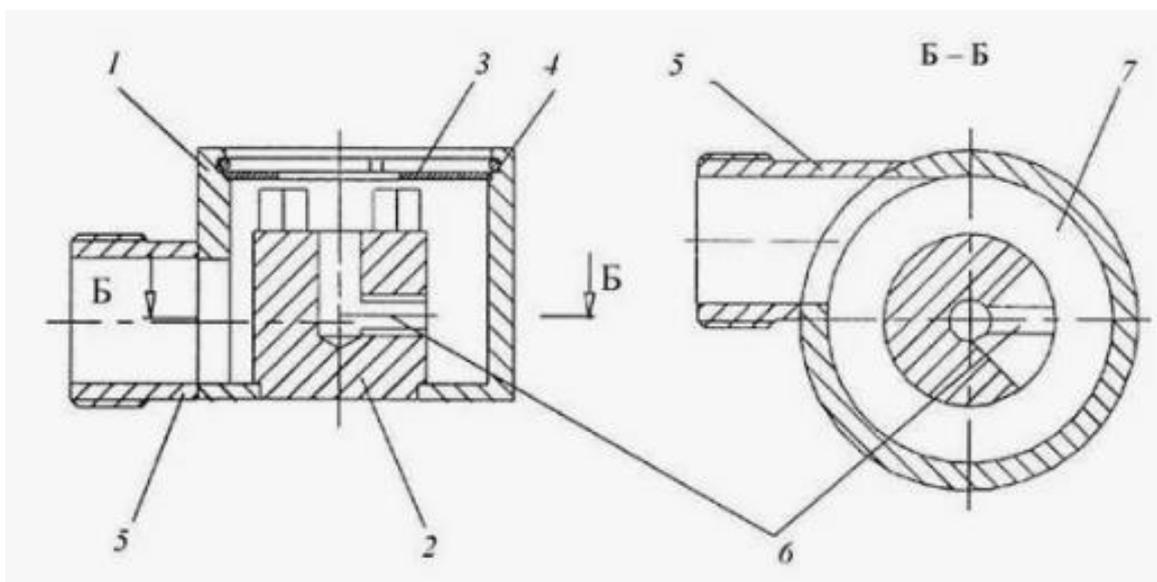
Оросители используются на объектах, которые содержат легковоспламеняющиеся жидкости и горючие материалы, такие как угли и торфы, продукты нефтегазопереработки, резинотехнические и древесностружечные изделия, сыпучие продукты, а также синтетические и природные материалы. Известно, что воспламенения на таких объектах могут привести к серьезным последствиям, поэтому использование оросителей является необходимым условием для обеспечения безопасности на производстве.

Оросители представляют собой средство пассивной пожарной защиты, позволяющее быстро подавать воду или другие специальные тушащие вещества на источник возгорания. Это позволяет быстро и эффективно контролировать и потушить пожар, предотвращая его распространение и минимизируя ущерб для имущества и людей. Оросители установлены на стратегических местах и обеспечивают непрерывный контроль за пожарной безопасностью в зоне их действия.

Таким образом, применение оросителей на объектах с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими материалами является неотъемлемой частью системы противопожарной безопасности. Они обеспечивают эффективное тушение пожаров и предотвращение их

возникновения, что способствует сохранению имущества и безопасности работников. Современные технологии производства оросителей позволяют обеспечить высокую надежность и эффективность их работы, что делает их востребованными и необходимыми средствами в условиях современной промышленности.

Конструкция оросителя ОЭ-16 представлена на рисунке 16.



1 – корпус, 2 – втулка, 3 – диафрагма, 4 - запорное кольцо, 5 – патрубок, 6 – канал, 7 - камера.

Рисунок 16 - Конструкция оросителя ОЭ-16

Определим расположение распылителей в соответствии с требованиями безопасности и особенностями судна. Расположение должно обеспечить покрытие всех критических зон.

Как видно из рисунка 11 площадь распыления составляет  $72 \text{ м}^2$  вокруг судна, количество устанавливаемых оросителей - 18. Оросители устанавливаются на 1, 5, 12, 19, 26, 32, 39, 46 и 50 шпангоутах по левому и правому борту судна на расстоянии не менее 0,3 и не более 0,5 м от борта судна.

Произведем расчет и выбор насоса для системы орошения.

Рассчитаем общий объем потребляемой воды системы орошения за 1 час:

$$0,5 \times 18 = 9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Давления воды в трубопроводе системы орошения не менее 0,15 но не более 0,5 МПа.

Выбираем консольный насос К 50-32-125 (пример показан на рисунке 17) - центробежный, консольный, одноступенчатый насос с односторонним подводом жидкости к рабочему колесу, предназначен для перекачивания чистой воды, производственно-технического назначения (кроме морской) с рН 6...9, температурой от 0 до + 85°С с сальниковой набивкой и от 0 до 105°С с торцевым уплотнением, и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твердые включения размером до 0,2 мм, объемная концентрация которых не превышает 0,1%.

Технические характеристики насоса:

- подача - 9 - 12,5 м<sup>3</sup>/ч,
- напор - 20 м,
- мощность электропривода 2,2 кВт,
- частота вращения - 3000 мин<sup>-1</sup>,
- габариты 792×300×315 мм,
- масса в сборе - 64 кг.



Рисунок 17 - Консольный насос К-50-32-125

Расчеты затрат на модернизацию судна, эксплуатационные расходы, расчет срока окупаемости приведены в Приложении А.

Вывод к третьему разделу.

Экономические расчеты проведенные в данном исследовании, продемонстрировали, что предложенная модернизация уменьшит затраты на топливо, что является одним из важных направлений для деятельности любого предприятия.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что предлагаемые мероприятия модернизации пожарного катера, включающие установку системы орошения и спринклеров в машинном отделении, являются эффективными.

Снижение расходов на смазочные материалы и топливо на 5,2% поможет сэкономить средства на эксплуатацию катера. Это позволит снизить затраты на его содержание и улучшить финансовые показатели.

Увеличение расходов по ремонту на 2,3% может быть оправдано установкой новой системы орошения и спринклеров. Это повысит безопасность пожарного катера и его эффективность работы.

Снижение платежей за хозяйственное обслуживание, а также общих эксплуатационных расходов на 2,9%, позволит сэкономить на управлении и обслуживании катера в целом.

Срок окупаемости модернизации в 1,5 года говорит о том, что затраты на модернизацию будут окупаться в течение данного периода. После этого срока, владельцы катера начнут получать положительную прибыль от снижения эксплуатационных затрат.

Таким образом, модернизация пожарного катера путем установки системы орошения и спринклеров в машинном отделении является эффективным и выгодным предложением. Она позволит снизить эксплуатационные расходы, повысить безопасность и улучшить финансовые показатели катера.

## Заключение

Пожарная безопасность является одной из составляющих обеспечения национальной безопасности страны. Высокий уровень пожарной безопасности является неотъемлемой составляющей высокого уровня социально-экономического развития Российской Федерации. Пожары наносят значительный материальный ущерб во всех отраслях народного хозяйства, приводят к травматизму и гибели людей.

Одной из важнейших задач в сфере противопожарной защиты является разработка новых конструкций и принципов действия систем пожаротушения.

Эффективным путем снижения числа пожаров и их негативных последствий является применение комплекса противопожарных мер, включающего в себя различные средства и системы пожаротушения. Несмотря на разнообразие средств и систем пожаротушения, включающих различные огнетушащие вещества, в последнее время все больше предпочтение отдается пожаротушению тонкораспыленной водой, что позволяет эффективно тушить пожары, снижая объем воды, необходимый для тушения пожара, и уменьшать длительность процесса тушения, за счет охлаждения зоны горения и образования водяного пара, который замещает воздух в зоне горения.

Целью данного диссертационного исследования являлось совершенствование существующей системы противопожарной защиты, путем повышения эффективности систем пожаротушения, путем модернизации автоматических установок водяного пожаротушения с применением тонкораспыленной воды на примере пожарного катера проекта 16640 «Вьюн».

Для достижения поставленной цели в первой главе диссертационного исследования были проанализированы нормативно правовые акты, научные публикации (периодических изданий, материалов сборников научных

конференций) и учебные пособия (учебники, учебные пособия, методические указания), затрагивающие тематику научно-исследовательской работы. Так же на этой стадии был рассмотрен российский и международный опыт использования инновационных технологий пожаротушения тонкораспыленной водой. По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что интерес к данной теме остается достаточно актуальным. Исследования по разработке тонкораспыленной воды в качестве средства пожаротушения вызвали значительный интерес и актуальность данной проблемы. На основании анализа существующих законодательных и нормативных актов, связанных с пожарной безопасностью, можно сделать вывод, что процесс одобрения применения автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой (АУПТ ТРВ) на конкретных объектах является более сложным и трудоемким в сравнении с другими способами тушения пожара. Для обеспечения надежности и качества подобных систем необходимо провести сертификацию модуля, а также его элементов и узлов, после чего осуществить ряд полномасштабных испытаний для оценки эффективности системы и разработки соответствующих рекомендаций по проектированию. Следует отметить, что за последние три года перечень основных нормативных правовых актов и руководящих документов в области объекта и предмета исследований магистерской диссертации в достаточной степени дополняется и обновляется.

Во второй главе проведен анализ современных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды. Тонкораспыленные автоматические системы пожаротушения на основе воды предлагают ряд значимых преимуществ по сравнению с обычными водными системами. Они обеспечивают эффективное тушение пожаров, при этом требуется значительно меньше воды, что в результате минимизирует вторичный ущерб. Благодаря быстрой локализации и тушению пожаров, данные системы способствуют уменьшению размеров трубопроводов и оборудования. Кроме того, они сокращают воздействие пожара на людей и

конструкции, а также помогают удалить токсичные газы и дым из помещений. В свете вышесказанного, автоматические установки пожаротушения на основе тонкораспыленной воды являются наиболее предпочтительным вариантом для обеспечения безопасности от пожаров.

В настоящем исследовании мы рассмотрели вопросы безопасности и эффективности тушения пожаров с использованием тонкораспыленной воды. Можно предположить, что стационарные установки тонкораспыленной воды будут оправданы только в ситуациях, когда автоматическое пожаротушение необходимо, но невозможно применить другие методы тушения. Такие ситуации, как правило, возникают на объектах, где постоянно находятся люди. С учетом указанных факторов, можно предложить провести дополнительные исследования по изучению безопасности и эффективности стационарных установок тонкораспыленной воды в подобных условиях и подробно проанализировать их преимущества и недостатки. Кроме того, следует акцентировать внимание на возможных вариантах применения тонкораспыленной воды в других сферах, кроме пожаротушения, для более широкого использования этой технологии.

В третьей части диссертационного исследования рассмотрены вопросы внедрения инновационных технологий пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды, а также проведен анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации пожаротушения. Объектом исследования выбран пожарный катер проекта 16640 «Вьюн». В своей диссертационной работе, предлагаю модернизировать систему пожаротушения пожарного катера, путем установки, в машинном отделении над пожароопасными механизмами сплинклерной системы, которая в случае повышения температуры, произведет автоматическое распыление воды, а так же установления системы орошения, что позволит судну продвигаться к горящему объекту не тратя драгоценное время на тушение, разлившихся нефтепродуктов в водной среде вокруг судна.

Подводя итоги проделанного исследования, мы видим, что проведенные экономические расчеты продемонстрировали, что установка системы орошения и спринклеров в машинном отделении позволит снизить эксплуатационные расходы, повысить безопасность и улучшить финансовые показатели, что является одним из важных направлений для деятельности любого предприятия.

Результаты проведенного диссертационного исследования были представлены на рассмотрение и включение в План мероприятий судостроительного предприятия АО «Зеленодольский завод имени А.М. Горького».

## Список используемых источников

1. Абдурагибов, И.М. Несостоятельность идеи применения тонкораспыленной и «термоактивированной» (перегретой) воды для пожаротушения / И.М. Абдурагибов. - Текст : непосредственный // Пожаровзрывобезопасность. - 2011. - № 6. - С. 54.
2. ГОСТ Р 53288-2009. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 63-ст : введен впервые : дата введения 2010-01-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 19 с.
3. ГОСТ Р 21.1101-2013. Единая система конструкторской документации : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июня 2013 г. № 156-ст : дата введения 2014-01-01 / разработан ОАО "ЦНС". – Москва : Стандартинформ, 2013. – 58 с.
4. ГОСТ Р 2.601-2019. Единая система конструкторской документации: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2019 г. № 177-ст : дата введения 2020-02-01 / разработан ФГБУ "СТАНДАРТИНФОРМ". – Москва : Стандартинформ, 2019. – 39 с.
5. Лыкова Е.С. Экономическое обоснование проекта : учебно-методическое пособие по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта для студентов технических специальностей. М. : Нижний Новгород : ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2022. 61 с.

6. Мешалкин, Е. Состояние и перспективы разработок изделий для тушения пожаров тонкораспыленной водой / Е. Мешалкин // НПО «Пульс».

7. Мешман, Л.М. Необходимость совершенствования нормативной базы в области оросителей АУП / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.В. Алешин. Текст : непосредственный // Пожарная безопасность, - 2001. - № 3. С. 80-89.

8. НПБ 88-2001\* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования : утвержден и введен в действие Приказом ГУ ГПС МВД России от 4 июня 2001 г. № 31 : дата введения 2001-01-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва: Стандартинформ, 2001. – 116 с.

9. Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: Приказ Росстандарта от 16.04.2014 г. № 474 ред. от 25.02. 2016). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_161884/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_161884/) (дата обращения 24.12.2022).

10. Об утверждении Перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2009 г. № 304-р. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=422712> (дата обращения: 20.12.2022).

11. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации, утв. постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 (ред. от 21.05.2021) // Консультант плюс: справочно-правовая система.

12. Об утверждении свода правил СП 10.13130 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод.

Нормы и правила проектирования». [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 27.07.2020 г. № 559. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_365651/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365651/) (дата обращения 24.12.2022).

13. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 21.12.1994 № 69 URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/) (дата обращения: 22.01.2023).

14. Огнетушащая эффективность установок пожаротушения тонкораспыленной водой с оросителями с соударяющимися струями. / А.А. Сперанский, С.В. Мамагин, С.А. Бороздин, Э.Л. Алешин. - Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). - 2018. - № 2(27). - С. 34.

15. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 27.12.2002 г. № 184. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40241/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/) (дата обращения : 20.12.2022).

16. Потанин, Б.В. Влияние дисперсности и добавок ПАВ на огнетушащую эффективность тонкораспыленной воды / Б.В. Потанин, А.А. Сперанский, В.Е. Звонячкин - Текст : непосредственный // Пожарная безопасность и охрана труда в газовой и химической промышленности : сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции - Москва. - 1999. - С. 88-90.

17. Применение автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой. / Н.В. Белова. - Текст : непосредственный // Студенческий. - 2023. - № 6, (218). – С. 12. URL: [https://sibac.info/archive/journal/student/6\(218\\_1\).pdf](https://sibac.info/archive/journal/student/6(218_1).pdf) (дата обращения: 27.02.2023).

18. Руководство по определению параметров автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой. М: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004, - 16 с.

19. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы : издание официальное : утвержден приказом Министерства Российской Федерации от 19 марта 2020 № 194 : дата введения 2020-09-19 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва, 2020. – 48 с.

20. СП 484.1311500.2020 Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования : издание официальное : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июля 2020 № 582 : дата введения 2021-03-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва, 2020. – 28 с.

21. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : издание официальное : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 31 августа 2020 № 628 : дата введения 2021-03-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва, 2020. – 132 с.

22. СП 486.1311500.2020 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности : издание официальное : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 20 июля 2020 № 539 : дата введения 2021-03-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва, 2020. – 20 с.

23. Совместное применение установок пожарной сигнализации и пожаротушения: возможности и преимущества / В.А. Былинкин, Р.Ю. Губин, Л.М. Мешман, Ю.В. Дудкин. - Текст : непосредственный // Пожарная безопасность. - 2006. - № 5.

24. Тагиев, Р.М. Тонкораспыленная вода: правда и вымысел / Р.М. Тагиев. - Текст : непосредственный // Системы безопасности. - 2008. - № 4. URL: <http://secuteck.ru/articles2/OPS/tonkoraspylennaya-voda/> (дата обращения: 22.02.2023).

25. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/) (дата обращения : 20.12.2022).

26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 22.07.2008 №123 (ред. от 14.07.2022). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 20.12.2022).

27. ONR CEN/TS 14972:2011. Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Feinspruh Löschanlagen // Planung und Einbau; Deutsche Fassung, Belgium, Brussel, Europaisches Komitee fur Normung, 2011, S. 9.

28. NFPA 750. Standart on Water Mist Fire Protection Systems. – Las Vegas, An International Codes and Standarts Organization, National Fire Protection Association, 2015, 88 p.

29. EN 14972 Fixed fire fighting systems – Water mist systems – Design and installation.

30. XFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Sისტems/ 2000 Edition.

31. FR 4000 Determination of Water Spray Drop Size and Velociti from a Low Pressure High Momentum. Water Mist Nozzles; Report of Test: NIST 1995.

32. Faire suppression in buildings using water mist, fog or similar systems. Project report No 213294v3. BRE 2005.

Приложение А  
**Расчеты затрат на модернизацию, эксплуатационные расходы, расчет  
срока окупаемости предлагаемого мероприятия**

Затраты на модернизацию судна определяются по формуле:

$$M = K_M - K_{ост} \quad (1)$$

где  $K_M$  - цена модернизационных работ,

$K_{ост}$  - остаточная стоимость заменяемого оборудования.

Стоимость модернизационных мероприятий включает в себя затраты на приобретение нового оборудования, затраты на материалы, затраты на монтажные работы. Для расчета стоимости нового оборудования с учетом транспортно-заготовительных расходов для предприятий, департамента речного флота, а также для определения монтажных работ составлена таблица А.1.

Таблица А.1 - Стоимость нового оборудования и демонтаж старого

Наименование	Кол.	Вес, кг		Стоимость, тыс.руб.		Норма выработки кг/ч	Трудовые мкость н.ч.
		За ед.	Общий	За ед.	Общий		
Новое оборудование							
Насос ВКС 1/16	1	29,7	29,7	57,7	57,7	4	7,4
Пневмоцистерна	1	80	80	55	55	4	20
Спринклер	13	0,25	3,25	0,52	6,76	4	1,7
Трубопровод Ø 16	28	0,37	10,3	0,04	1,12	3,5	2,9
Насос К-50-32-125	1	64	64	36	36	4	16
Ороситель ОЭ-16	18	0,3	5,4	3,7	66,6	4	1,3
Трубопровод Ø 20	70	0,89	62,3	0,2	14	3,5	17,8
Итого:	132		254,9		236,2	-	67,1

Общая трудоёмкость монтажных и демонтажных работ:

$$T = 67,1 + 0 = 67,1 \text{ норма-ч.}$$

## Продолжение приложения А

Стоимость нового оборудования, с учётом транспортно-заготовительных расходов, для предприятий речного флота, составляет 12% от стоимости нового оборудования:

$$254,9 \cdot 0,12 = 30,6 \text{ тыс. руб}$$

Итого материальных затрат 285,5 тыс. руб

Основная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$\text{ЗПО} = T \cdot C \cdot K_d \cdot K_{\text{рк}} \quad (2)$$

где  $T$  – общая трудоёмкость модернизационных мероприятий;

$C$  – средне часовая тарифная ставка рабочих,  $C=200$  руб/ч;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий прочие доплаты, включаемые в основную заработную плату,  $K_d=1,11$ ;

$K_{\text{рк}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты по районным коэффициентам и за работу в районах Крайнего Севера,  $K_{\text{рк}}=1$ .

$$\text{ЗП}_0 = 67,1 \cdot 200 \cdot 1,11 \cdot 1 = 14,9 \text{ тыс. руб}$$

Дополнительную заработную плату производственных рабочих определяем по формуле:

$$\text{ЗП}_{\text{доп}} = \text{ЗП}_0 \cdot \frac{K_{\text{доп}}}{100} \quad (3)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – норматив дополнительной заработной платы

производственных рабочих,  $K_{\text{доп}} = 9\%$

$$\text{ЗП}_{\text{доп}} = 14,9 \cdot \frac{9}{100} = 1,3 \text{ тыс. руб.}$$

## Продолжение приложения А

Отчисления на социальное страхование рассчитываем в размере 30% от фонда заработной платы производственных рабочих.

$$(14,9+1,3) \cdot 0,30 = 4,9 \text{ тыс. руб}$$

Расходы на подготовку и освоение производства в размере 5% от основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих:

$$(14,9+1,3) \cdot 0,05 = 0,8 \text{ тыс. руб}$$

Общепроизводственные расходы включают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, и общецеховые расходы.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования рассчитываем в размере 150% от суммы основной заработной платы и дополнительной заработной платы производственных рабочих:

$$(14,9+1,3) \cdot 1,5 = 24,3 \text{ тыс. руб}$$

Общехозяйственные расходы рассчитываем в размере 80% от основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих.

$$(14,9+1,3) \cdot 0,8 = 13 \text{ тыс. руб}$$

Итого по статьям  $\Sigma$ ( ст. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) = 344,7 тыс.руб.

Прочие производственные расходы рассчитываем в размере 2% от суммы предыдущих статей:

$$344,7 \cdot 0,02 = 6,9 \text{ тыс. руб}$$

Производственная себестоимость составит  $\Sigma$ (ст. 10, 11)

$$344,7 + 6,9 = 351,6 \text{ тыс. руб}$$

## Продолжение приложения А

Прибыль принимаем в размере 20% от производственной себестоимости:

$$\Pi = 351,6 \cdot 0,2 = 70,3 \text{ тыс. руб}$$

Всего стоимость модернизационных работ оставит:

$$K_m = 351,6 + 70,3 = 421,9 \text{ тыс.руб.}$$

Балансовую стоимость судна проекта 16640 «Вьюн» принимаем -  
- 12 376 000 рублей.

Балансовая стоимость судна после модернизационных мероприятий:

$$K_{cm} = K_c + M = 12376 + 421,9 = 12797,9 \text{ тыс.руб.}$$

Сводная калькуляционная ведомость стоимости модернизационных работ сведена в таблицу А.2.

Таблица А.2 - Сводная калькуляция стоимости модернизационных работ

Наименование статей	Сумма, тыс. руб.
Стоимость нового оборудования	254,9
Транспортно-заготовительные расходы	30,6
Итого материальных затрат	285,5
Основная заработная плата производственных рабочих	14,9
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	1,3
Отчисления на соц. страхование	4,9
Расходы на подготовку и освоение производства	0,8
Общепроизводственные расходы	24,3
Общехозяйственные расходы	13,0
Итого по статьям 3,4,5,6,7,8,9	344,7
Прочие производственные расходы	6,9
Итого производственная себестоимость $\Sigma$ (ст.10+ст.11)	351,6
Прибыль	70,3
Всего стоимость модернизационных мероприятий	421,9

## Продолжение приложения А

Расчёт эксплуатационных расходов по судну производим по статьям затрат:

- основная и дополнительная заработная плата экипажа судна;
- страховые взносы в государственные внебюджетные фонды;
- рацион бесплатного питания;
- топливо, смазочные и другие материалы;
- текущий, средний, капитальный ремонт;
- платежи за комплексное и хозяйственное обслуживание судов и услуг сторонних организаций;
- прочие прямые расходы;
- общие расходы;
- распределяемые расходы;
- эксплуатационные расходы.

Заработная плата за навигационный период:

$$\mathcal{E}_{от} = k_p \cdot M \cdot \left[ \frac{t_э}{30,5} \cdot (1 + k_{дэ}) + \frac{t_{вр}}{30,5} + \frac{(1+k_{дзо}) \cdot n_{зо} \cdot t_{зо}}{30,5 \cdot n} \right] \quad (4)$$

где:  $k_p$  – районный коэффициент регулирования оплаты труда,  $k_p=1$ ;

$M$  – месячный фонд зарплаты судовой команды подолжностным окладам,

$t_э$  – эксплуатационный период,  $t_э= 200$  сут;

$k_{дэ}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, премии и надбавки к должностным окладам в период их эксплуатации;  $k_{дэ}=0.5$

$t_{вр}$  – продолжительность вооружения и разоружения судна,  $t_{вр}= 5$  сут

$n$  – количество членов экипажа судна,  $n = 5$  чел.

$n_{зо}$  – штатный измеритель по зимнему отстою,  $n_{зо}= 1,2$  чел.

$k_{дзо}$  – коэффициент, учитывающий доплаты и дополнительную

Продолжение приложения А

зарплату, в период зимнего отстоя;  $k_{дзо} = 0,1$

$t_{зо}$  – продолжительность зимнего отстоя судна

$$t_{зо} = 365 - (t_{э} + t_{вр})t_{зо} = 365 - (200 + 14) = 150 \text{ сут.}$$

Расчет месячного фонда заработной платы представлен в таблице А.3.

Таблица А.3 Расчёт месячного фонда заработной платы

Должность	Количество человек	Должностной оклад, руб	Сумма должностных окладов
Капитан	1	45000	45000
Механик	1	40000	40000
Командир отделения	1	35000	35000
Моторист-рулевой	1	35000	35000
Диспетчер	1	30000	30000
Итого	5	185000	185000

$$\mathcal{E}_{от} = 1 \cdot 185000 \cdot \left[ \frac{200}{30,5} \cdot (1 + 0,1) + \frac{14}{30,5} + \frac{(1+0,1) \cdot 2,4 \cdot 150}{30,5 \cdot 12} \right] = 1687,2 \text{ тыс.руб.}$$

Отчисления на социальные нужды исчисляются в размере 30% от всего фонда заработной платы, и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{р.соц} = \frac{a_{соц}}{100} \cdot \mathcal{E}_{р.зп.} \quad (5)$$

где  $a_{соц}$  – процент отчисления на социальное страхование

$$\mathcal{E}_{р.соц} = \frac{30}{100} \cdot 1687,2 = 506,2 \text{ тыс. руб}$$

## Продолжение приложения А

Расходы на рацион бесплатного питания определяются, исходя из установленных нормативов стоимости рациона на одного человека в месяц, численности экипажа и продолжительности навигационного периода:

$$\mathcal{E}_{p.бп} = a_{бп} \cdot n \cdot t_3 \quad (6)$$

где  $a_{бп}$  – норматив стоимости бесплатного питания на одного человека в сутки.

$$a_{бп} = 450 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{p.бп} = 450 \cdot 5 \cdot 200 = 450 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на топливо и смазочные материалы рассчитываем отдельно по главным двигателям, вспомогательным механизмам:

$$\mathcal{E}P_T = 0,024 \times N \times C_T \times (V'_x \times T_x + V^T_M \times T_M + V^T_c \times T_c) \quad (7)$$

$$\mathcal{E}P_{см} = 0,024 \times N \times C_{см} \times (V^{см}_x \times T_x + V^{см}_M \times T_M + V^{см}_c \times T_c) \quad (8)$$

где  $\mathcal{E}P_T$ ,  $\mathcal{E}P_{см}$  – расходы топлива и смазки до модернизации, тыс. руб;

$N = 1444$  кВт – мощность главных двигателей;

$C_T = 55000$  руб. – цена 1 тонны дизельного топлива, до модернизации

двигателя работают на дизельном;

$C_{см} = 60000$  руб. – цена 1 тонны смазочных материалов;

$T_x = 104,5$  – время хода, сут;

$T_M = 2,6$  – время манёвров, сут;

$T_c = 92,9$  – время стоянок, сут;

$V^T_M, V^T_c, V'_x$  = нормы расхода топлива;

$V^{см}_x, V^{см}_M, V^{см}_c$  - смазочных материалов на главные и

вспомогательные механизмы на ходу; маневрах; стоянках до модернизации.

Продолжение приложения А

$$B'_x = 242 \text{ г (кВт}\times\text{ч)}=0,242 \text{ кг(кВт}\times\text{ч)}$$

$$B^{cm}_x = 0,0043 \text{ кг/кВт}\times\text{ч}$$

$$B^T_m = 0,25 \times B'_x = 0,1209 \text{ кг/кВт}\times\text{ч}$$

$$B^{cm}_m = 0,00242 \text{ кг/кВт}\times\text{ч}$$

$$B^T_c = 0,8 \times B'_x = 0,00242 \text{ кг/кВт}\times\text{ч}$$

$$B^{cm}_c = 0,000288 \text{ кг/кВт}\times\text{ч}$$

После модернизации удельный расход топлива снизился на 5 %, а масла на 0,6%, так как время выполнения пожарных операций уменьшилось.

Расходы на топливо и смазки до модернизации:

$$\text{ЭР}_T = 0,024 \times 1444 \times 55 \times (0,242 \times 104,5 + 0,1209 \times 2,6 + 0,00242 \times 92,9) = 4923 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{ЭР}_{cm} = 0,024 \times 1444 \times 60 \times (0,0043 \times 104,5 + 0,00242 \times 2,6 + 0,000288 \times 92,9) = 100,3 \text{ тыс. руб.}$$

Общие затраты до модернизации на топливо и смазочные материалы:

$$\text{ЭР}^T_{cm} = 4923 + 100,3 = 5023,3 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на топливо и смазку после модернизации:

$$\text{ЭР}'_T = 0,024 \times 1444 \times 55 \times (0,242 \times 99,3 + 0,1209 \times 2,47 + 0,00242 \times 88,3) = 4678 \text{ руб}$$

$$\text{ЭР}'_{cm} = 0,024 \times 1444 \times 60 \times (0,0043 \times 99,3 + 0,00242 \times 2,47 + 0,000288 \times 88,3) = 95,3 \text{ тыс. руб}$$

Общие затраты после модернизации на топливо и смазочные материалы:

$$\text{ЭР}'^T_{cm} = 4678 + 95,3 = 4773,3 \text{ руб.}$$

## Продолжение приложения А

Затраты на ремонт судна включают расходы на текущий зимний, текущий навигационный, средний и капитальный ремонт судна:

$$\mathcal{E}_p = \frac{(a_{\text{эп}} + a_{\text{нр}} + a_{\text{кр}}) \cdot K_c}{100} \quad (9)$$

где  $a_{\text{эп}}$  - значение норматива расходов на текущий зимний ремонт судна, 1,2%;

$a_{\text{нр}}$  - значение норматива расходов на текущий навигационный ремонт судна, 0,2%;

$a_{\text{кр}}$  - значение норматива расходов на капитальный и средний ремонт судна, 2,5%.

$$\mathcal{E}_p = ((1,2 + 0,2 + 2,5) \cdot 12\,376) / 100 = 482,6 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}'_p = ((1,2 + 0,2 + 2,5) \cdot 12\,797,9) / 100 = 499,1 \text{ тыс. руб.}$$

Платежи за комплексное и хозяйственное обслуживание судов и услуг сторонних организаций принимается от суммы статей 1-5 в размере 1%.

$$\mathcal{E}_{\text{кх01}} = (1687,2 + 506,2 + 450 + 5023,3 + 487,5) \cdot 0,01 = 81,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{кх02}} = (1687,2 + 506,2 + 450 + 4773,3 + 499,1) \cdot 0,01 = 79,1 \text{ тыс. руб.}$$

Прочие прямые расходы по судну принимается от суммы статей 1-6 в размере 1%.

$$1. \Sigma \mathcal{E}_{p1-6} = (1687,2 + 506,2 + 450 + 5023,3 + 487,5 + 81,5) \cdot 0,01 = 82,3 \text{ тыс.руб.}$$

$$2. \Sigma \mathcal{E}_{p1-6} = (1687,2 + 506,2 + 450 + 4773,3 + 499,1 + 79,1) \cdot 0,01 = 79,9 \text{ тыс.руб.}$$

## Продолжение приложения А

Общие расходы, сумма статей 1-9:

$$1. \Sigma = 1687,2 + 506,2 + 450 + 5023,3 + 487,5 + 81,5 + 82,3 = 8318 \text{ тыс. руб.}$$

$$2. \Sigma = 1687,2 + 506,2 + 450 + 4773,3 + 499,1 + 79,1 + 79,9 = 8074,8 \text{ тыс. руб.}$$

Общие распределяемые расходы:

$$\text{ЭР}_{\text{распр}} = \frac{a_{\text{распр}}}{100} \cdot \Sigma \text{ЭР}_{\text{пр}} \quad (10)$$

где  $a_{\text{распр}} = 12\%$  - процент распределения расходов

$\text{ЭР}_{\text{пр}}$  – сумма всех прямых расходов по судну

$$\text{ЭР}_{\text{распр}} = \frac{12}{100} \cdot 8318 = 997,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{ЭР}_{\text{распр}} = \frac{12}{100} \cdot 8074,8 = 969 \text{ тыс. руб.}$$

Общие эксплуатационные расходы:

$$\text{ЭР}_{\text{общ}} = \text{ЭР}_{\text{пр}} + \text{ЭР}_{\text{распр}} \quad (11)$$

$$\text{ЭР}_{\text{общ}} = 8318 + 997,5 = 9\,315\,500 \text{ руб.}$$

$$\text{ЭР}_{\text{общ}} = 8074,8 + 969 = 9\,043\,800 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы по содержанию судна за один год представлены в таблице А.4.

Таблица А.4 - эксплуатационные расходы по содержанию судна за 1 год

Статьи затрат	Суммы, руб.		Соотношение до и после модернизации, в %
	До модернизации	После модернизации	
Расходы по заработной плате экипажа	1 687 200	1 687 200	0
Отчисления на социальные нужды	506 200	506 200	0
Расходы по рациону бесплатного питания	450 000	450 000	0

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.4

Статьи затрат	Суммы, руб.		Соотношение до и после модернизации, в %
	До модернизации	После модернизации	
Расходы на топливо и смазочные материалы	5 023 300	4 773 300	- 5,2
Расходы по ремонту судна	487 500	499 100	2,3
Платежи за комплексное и хозяйственное обслуживание	81 500	71 900	- 11,8
Прочие прямые расходы	82 300	79 900	-2,9
Всего расходов по судну	8 318 000	8 074 800	-2,9
Распределяемые расходы	997 500	969 000	-2,9
Эксплуатационные расходы	9 315 500	9 043 800	79,6

Расчет срока окупаемости

Общие эксплуатационные расходы до и после модернизации составили:

$$\text{ЭР}_{\text{общ1}} = 9\,315\,500 \text{ руб.}$$

$$\text{ЭР}_{\text{общ2}} = 9\,043\,800 \text{ руб.}$$

Окупаемость модернизации:  $9\,315\,500 - 9\,043\,800 = 271\,700$  руб.

Экономия в год после модернизации составила 271 700 руб.

Общая стоимость модернизации: 421,9 тыс. руб.

Таким образом, срок окупаемости модернизации составляет:

$$421\,900 / 271\,700 = 1,55 \text{ года (19 месяцев)}$$