

На правах рукописи



ГАНЕЕВ РУСЛАН АЛЬБЕРТОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ
УСТРОЙСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ВИХРЕВЫХ ПОТОКОВ**

Специальность 2.10.1. – Пожарная безопасность (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа – 2025

Работа выполнена на кафедре «Пожарная и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Хафизов Ильдар Фанилевич

Официальные оппоненты:

Бубнов Андрей Германович

доктор химических наук, доцент
Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России / кафедра «Эксплуатации
пожарной техники, средств связи и малой
механизации», профессор

Кожевин Дмитрий Федорович

кандидат технических наук, доцент
«Санкт-Петербургский университет ГПС
МЧС России» / кафедра «Физико-
химических основ процессов горения и
тушения», начальник кафедры

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-
спасательная академия Государственной
противопожарной службы Министерства
Российской Федерации по делам
гражданской обороны, чрезвычайным
ситуациям и ликвидации последствий
стихийных бедствий», г. Железногорск

Защита состоится «11» сентября 2025 года в 16:00 на заседании диссертационного совета 24.2.428.06 при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте www.rusoil.net.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 20__ года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Павлова Зухра Хасановна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Современные быстроразвивающиеся предприятия нефтеперерабатывающей промышленности оказывают двойное влияние на пожарную безопасность. Конструктивно – новое технологическое оборудование, увеличивающее их надежность в работе, глобальная автоматизация производственной деятельности, использование модернизированных автоматических установок пожаротушения в значительной степени снижают возможность распространения пожаров. Однако, рост развития производственных мощностей сопровождается ростом производительности нефтеперерабатывающих, добывающих и транспортирующих предприятий, плотностью застройки и уменьшением расстояний между ними. На современном этапе развития средств тушения, когда угроза атак беспилотных летательных аппаратов на объекты топливно-энергетического комплекса постоянно растет, возникают сложности с доставкой огнетушащих веществ в заданную точку, а у участников тушения пожара возникают трудности подойти на близкое расстояние, в связи с воздействиями высоких температур и существованием угроз повторных атак.

В связи с этим разработка новых и эффективных технических средств тушения пожаров является весьма актуальной задачей.

Степень разработанности выбранной темы

В отечественных, а также зарубежных периодических научных изданиях и монографиях представлены публикации, которые затрагивают вопросы исследования и выявления параметров, влияющих на повышение эффективности устройств пожаротушения и увеличение дальности подачи огнетушащих веществ. Этой проблеме посвящены работы таких ученых и исследователей, как: П.В. Крысов, С.Л. Ефремов, А.Р. Пышный, С.Г. Сахацкий, А.Г. Осипов, А.В. Подгрушный, Ю.Н. Горнов и ряда других авторов.

Несмотря на достижения вышеуказанных авторов, остается недостаточно изученной возможность использования вихревых потоков в пожарных стволах,

создаваемых с помощью закручивающих устройств. Рассмотрение данного вопроса является актуальным, решение его позволит увеличить дальность подачи огнетушащего вещества.

Цель работы

Повышение эффективности тушения пожаров на значительно удаленном расстоянии от очага пожара с помощью модернизированных пожарных стволов, способствующих возникновению вихревых потоков.

Задачи исследований:

1. Провести анализ существующих пожарных стволов, состоящих на вооружении пожарных подразделений.
2. Сформировать критерий, позволяющий оценить количественное изменение скорости потока жидкости в пожарном стволе.
3. Исследовать вихревые потоки с помощью опытных образцов, полученных в результате моделирования.
4. Определить параметры шага закручивающего устройства для получения максимальных числовых значений скорости движения жидкости.

Объект исследования: устройства пожаротушения для создания вихревых потоков.

Предмет исследования: механизм создания вихревых потоков жидкости при тушении пожаров.

Научная новизна

1. Предложено и научно обосновано влияние вихревых потоков на скорость движения жидкости, которые приводят к увеличению дальности подачи огнетушащего вещества.
2. Впервые разработана математическая модель, позволяющая оценить количественное изменение скорости потока жидкости в пожарном стволе в зависимости от шага закручивающего устройств и его радиуса.

Теоретическая значимость заключается в установлении:

1. Общих закономерностей влияния вихревых потоков на изменение скорости и давления движущейся жидкости в устройствах пожаротушения.

2. Обоснования числовых показателей изменения скорости и давления жидкости, на которые влияют шаг и диаметр закручивающего устройства.

3. Функциональных возможностей приборов пожаротушения с использованием вихревых потоков.

Практическая значимость работы заключается в разработке расчетно-экспериментальных методов определения способа решения задачи по повышению эффективности огнетушащего вещества на нужды пожаротушения за счет увеличения дальности его подачи. Применение предложенного способа позволяет увеличить дальность подачи огнетушащего вещества. Разработанный в ходе выполнения диссертационного исследования способ определения оптимальных параметров шага закручивающего устройства может являться эффективным инструментом для получения максимальных числовых значений скорости движения жидкости. Результаты диссертационной работы нашли свое применение при осуществлении учебного процесса на кафедре «Пожарная и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» при выполнении студентами лабораторных работ по дисциплине «Пожарно-строевая подготовка», «Пожарная и аварийно-спасательная техника», «Пожарная, аварийно-спасательная техника и базовые машины» по направлению подготовки 20.03.01 – «Техносферная безопасность», а также 20.05.01 – «Пожарная безопасность», прошли апробацию и испытания в сочетании с уже имеющимися на вооружении пожарными стволами в филиале «Башкирия» ООО «РН-Пожарная безопасность» и ГКУ Противопожарная служба РБ, организациями проявлен практический интерес в исследованиях по повышению эффективности тушения пожаров на значительно удаленном расстоянии от очага пожара.

Методология и методы исследований

Достоверность проведенных исследований обеспечивается использованием известных современных программных комплексов проектирования и обработки полученных результатов. Моделирование потоков жидкостей выполнено в

программном комплексе Solidworks. Методология выполнения работы заключалась в поэтапном проведении исследований, включающих анализ накопленных знаний в области тактики тушения пожаров. При решении задач использовались устройства для создания вихревых потоков, аналитические и численные методы решения задач. В ходе исследований осуществлялся поиск закономерностей изменения скорости и давления потоков жидкости в зависимости от шага закручивающего устройства и его диаметра. Для достижения цели и решения поставленных задач использовались такие методы исследования как обобщение, поиск закономерностей, позволяющих повысить эффективность работы современных пожарных стволов.

Положения, выносимые на защиту

1. Обоснование влияния вихревых потоков на повышение эффективности тушения пожаров.
2. Обоснование критерия, позволяющего определить количественную оценку изменения скорости потока в зависимости от шага закручивающего устройства и его радиуса.
3. Результаты экспериментальных исследований по совершенствованию пожарных стволов за счёт создания в них вихревых потоков огнетушащих веществ, подаваемых в очаг пожара.

Степень достоверности и апробация результатов

Основные положения, результаты теоретических и экспериментальных исследований, выводы и рекомендации работы докладывались на: 69-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ (г. Уфа, 2018 г.); научных мероприятиях в рамках Дней науки «Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации» с международным участием в Уральском институте Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. (г. Екатеринбург, 2021 г.); 73-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ (г. Уфа, 2022 г.).

Соответствие диссертации паспорту специальности

Тема работы и содержание исследований соответствуют пункту 20 области исследований, определяемой паспортом специальности 2.10.1. – «Пожарная безопасность (технические науки)»: «п. 20. Исследование, разработка, создание и эксплуатация мобильных средств и оборудования, предназначенных для тушения пожаров и ликвидации последствий аварий и взрывов на объектах защиты и прилегающих территориях».

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе, 4 в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 82 наименования. Работа изложена на 106 страницах машинописного текста, содержит 14 таблиц и 39 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследований, приведена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе проведен анализ статистики пожаров по видам объектов различного назначения и разобраны их количественные показатели, действий личного состава подразделений пожарной охраны при ликвидации пожаров, правильность выбора способов тушения, а также используемого пожарно-технического вооружения. Проведенный анализ раскрыл причины необходимости корректировки тактики тушения пожаров и увеличения штатной численности пожарных подразделений.

Рассмотрены проблемы турбулентности жидкостных потоков в пожарных стволах, влияющие на эффективность тушения пожаров. Определены основные задачи для решения вопросов по максимальному повышению эффективности имеющихся на вооружении пожарных стволов, в связи с постоянно увеличивающейся пожарной нагрузкой при использовании современных строительных материалов, в строительстве и отделке производственно-бытовых, административных и жилых помещений.

Горение сопровождается выделением большого количества отравляющих веществ с высокой концентрацией, при этом резко увеличивается воздействие опасных факторов пожара на людей, которые находятся в этих зонах, а также участников тушения пожаров. Это указывает на необходимость совершенствования уже имеющихся пожарных стволов, находящихся на вооружении пожарных подразделений. Максимальная универсализация и повышенная эффективность пожарных стволов позволит решить большее количество поставленных задач при тушении пожаров, снизить количество привлекаемых сил и средств и увеличивающуюся нагрузку на участников тушения пожара, а также уменьшить временные показатели локализации и ликвидации пожаров.

Основным недостатком классических пожарных стволов считался фиксированный расход воды, на который влиял неизменяемый диаметр насадки, однако в последующем, данные вопросы были устранены за счет внедрения перекрывных устройств.

Проведено сравнение тактики тушения пожаров и используемых пожарных стволов в разных странах. Анализ способов тушения пожаров в разных странах позволяет объективно сравнивать образцы пожарно-технического вооружения, так как характеристики пожарного оборудования прямо зависят от способов прекращения горения. Для решения данных вопросов рассмотрена тактика тушения пожаров, используемых в Германии, Соединенных Штатах Америки, Англии и России.

Важную роль в успешной ликвидации пожаров играет оснащение подразделений пожарной охраны пожарно-техническим вооружением с улучшенными тактико-техническими характеристиками.

Вторая глава посвящена исследованию турбулентных и ламинарных потоков в пожарном оборудовании. Рассмотрено вихревое движение, представляющее собой движение жидкости и газа, обеспечивающее постепенное перемещение движущихся частиц вокруг оси.

В процессе исследования вихревых потоков проработан вопрос их создания для снижения турбулентности жидкостей. При использовании успокоителей достигается эффект снижения турбулентности движущейся жидкости в малых величинах, дающий малую результативность. Процессы зависимости давления жидкости от скорости ее течения объясняет закон Бернулли.

При тушении пожаров с использованием пожарных стволов возникают трудности, связанные с образованием турбулентности жидкостных потоков при прохождении огнетушащего вещества через центробежный пожарный насос. Всё это влияет на кучность и дальность подаваемого на тушение пожара огнетушащего вещества.

В третьей главе проведены исследования опытных образцов пожарных стволов.

Опыт тушения пожаров показал, что основными трудностями при тушении пожаров является дальность подачи огнетушащего вещества через пожарный ствол и сильный тепловой поток, который либо разрушает огнетушащее вещество, либо оказывает большое сопротивление для входящего огнетушащего вещества в зону горения, что приводит к увеличению его расхода.

С этой целью была проведена работа по созданию условий, при которых огнетушащее вещество с большей эффективностью будет преодолевать тепловой поток горящего вещества. С внутренней части ствола, где проходит огнетушащее вещество, устанавливаются спиралевидные пластины (Рисунок 1). При прохождении жидкости происходит ее закручивание (завихрение).

Вихревое движение жидкости способствует более сильному и, в свою очередь, глубокому проникновению огнетушащего вещества в очаг пожара, преодолевающего тепловой поток.

Преодоление всех вышеназванных барьеров неизбежно приведет к уменьшению рисков воздействия опасных факторов пожара на участников тушения пожара.

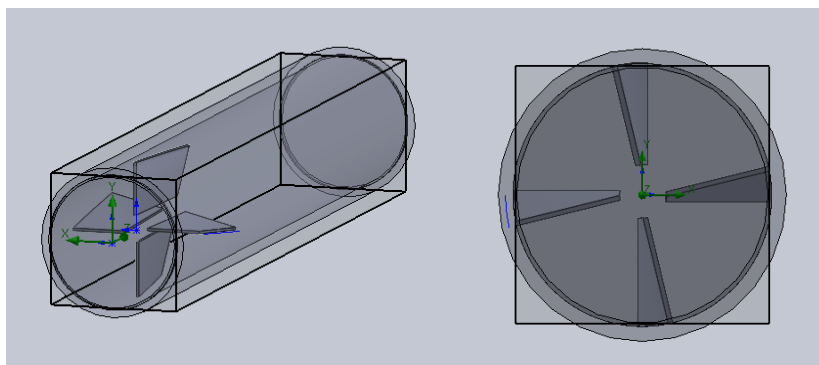
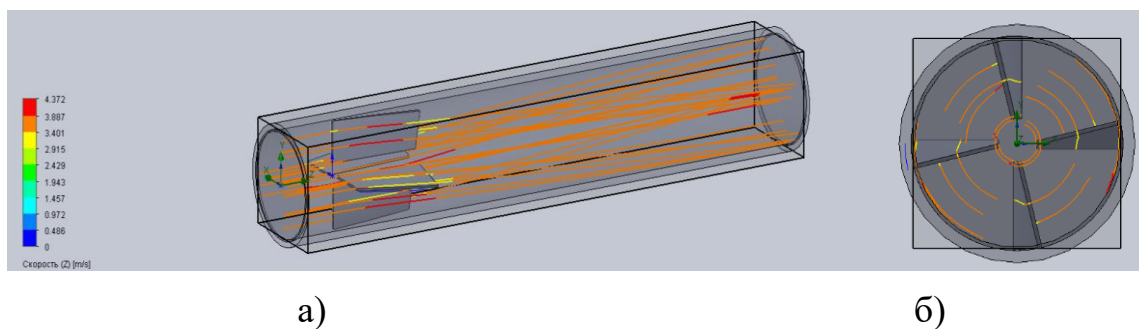


Рисунок 1 – Схема закручивателя жидкости

Одной из причин, снижающих дальность полета водяной струи, является возникающая в стволе турбулентность. Для решения задач по увеличению дальности подачи жидкости проведены исследования её движения в трубном пространстве через закручивающее устройство, выполненное в виде пластин, установленных под углом. Пластины на начальном этапе движущейся жидкости, представляют собой успокоители, которые разбивают общее сечение потока на несколько сечений, что способствует восстановлению скоростей в потоке. Далее пластины приобретают изогнутую форму.

На Рисунке 2 представлена визуализация изменения скорости потоков изучаемого опытного образца, а также форма движущейся жидкости. Выраженные цветом потоки жидкости демонстрируют числовые изменения скоростей на различных участках закручивающего устройства. Результат исследования показал значительное увеличение скорости движения жидкости после прохождения завихрителей (пластин).



- а) 3D визуализация образования вихревого потока и изменений скоростей;
 б) проекция с входной части закручивающего устройства

Рисунок 2 – Модель движущейся жидкости в трубном пространстве ствола

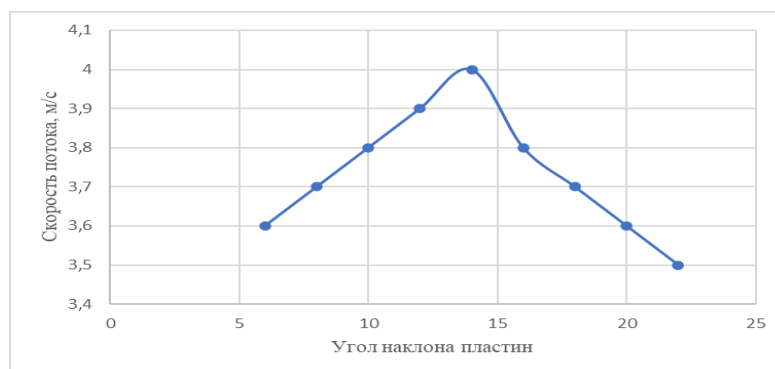


Рисунок 3 – Зависимость изменения скорости потока от угла пластины в закручивающем устройстве

В ходе моделирования с помощью программы Solidworks получен график, представленный на Рисунке 3, из которого видно, что средняя скорость движения потока через поперечное сечение закручивающего устройства (далее – скорость потока жидкости) растет и достигает своего максимума, когда пластины установлены под углом 14° .

В представленном дополнительном участке разгона струи закручивающего устройства происходит повышение скорости жидкости в направлении течения – от начального значения скорости во входном сечении закручивающего устройства до наибольшего на выходе из него. В силу закона сохранения энергии

одновременно с ростом скорости в закручивающем устройстве происходит непрерывное падение давления от его начального значения.

Изучение процессов увеличения скорости потока жидкости и увеличивающейся при этом кинетической энергии самого потока, необходимо для проработки вопросов увеличения дальности подачи огнетушащего вещества с помощью пожарного ствола.

Для подкрепления результатов был разработан опытный образец (Рисунок 4), который был опробован в сочетании с уже существующими ручными пожарными стволами TSPR-E GR2 и РСКУ-50А. Представленные стволы являются комбинированными, универсальными, перекрывными, с возможностью регулировать расход и форму струи, а также предназначены для формирования сплошной, либо распыленной (с изменяемым углом факела) струи воды и воздушно-механической пены низкой кратности.



1 – вход в лопастную часть трубного пространства; 2 – направление потока жидкости; 3 – выход из трубного пространства

Рисунок 4 – Опытный образец

Испытание заключалось в том, что сначала определялась дальность подачи воды пожарных стволов, подсоединенных с помощью пожарного рукава к насосу пожарной автоцистерны. Затем пожарный рукав диаметром 51 мм присоединялся к лопастной части опытного образца (точка 1 на Рисунке 4), а пожарные стволы по очереди присоединялись к выходу из трубного пространства (точка 3 на Рисунке 4).

В опытном образце пластины в внутренней части устройства были смонтированы под углом 14^0 . Исследования осуществлялись при давлении $P=506625 \text{ Pa}$, создаваемым центробежным пожарным насосом производительностью 40 л/с. Параметры давления не менялись в ходе всего эксперимента. Подаваемая жидкость из насоса в опытный образец, во внутреннюю часть которого смонтированы пластины, является вода. В результате сравнительных испытаний, отмечено значительное отличие в сторону увеличения дальности подачи воды, за счет использования предлагаемого устройства:

- при использовании ствола TSPR-E GR2 дальность подачи воды без опытного образца составила 23,4 м, а с образцом – 28 м соответственно. Увеличение дальности составило 20 %;

- при использовании ствола РСКУ-50А дальность подачи воды без опытного образца составила 23,8 м, а с образцом – 28 м. Увеличение дальности составило 18 %.

При сравнении традиционных пожарных стволов и нового принципа работы разработанного пожарного ствола с лопастями, отмечается уменьшение распыленности огнетушащего вещества в воздухе. Это объясняется тем, что у разработанного пожарного ствола с лопастями кучность и дальность подачи огнетушащего вещества выше за счет завихрения. При работе с пожарным стволом, имеющим лопасти, важной особенностью является завихрение огнетушащего вещества.

В последующем были проведены исследования закручивающего устройства абсолютно другой формы, кардинально отличающегося от пластинчатого в котором одним из основных параметров, определяющих эффективность движения жидкости и изменяемости потока, являются геометрические размеры закручивающих устройств, выполненных в виде шнека.

С помощью визуализированных и вычислительных процессов получены результаты по изменению скорости потока в зависимости от шага закручивающего устройства с шагом 25, 50, 75, 100, 150 и 300 мм соответственно.

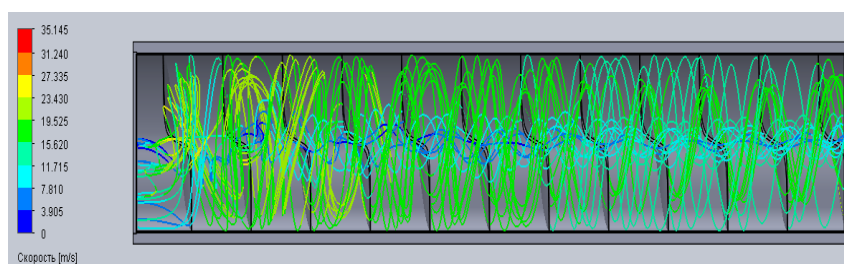


Рисунок 5 – Вид расчетной модели с шагом 25 мм

На Рисунке 5 наглядно представлена визуализация формы потока жидкости и изменение скорости потока после каждого витка закручивающего устройства с шагом 25 мм и количестве витков 12.

Оценку скоростей осуществляли после каждого витка закручивающего устройства, а также на выходе у закручивающих устройств с различным шагом. Графические значения зависимости изменения скорости потока от шага закручивающего устройства после каждого витка представлены на Рисунке 6.

Таблица 1 – Результаты исследования показателей скорости и давления после каждого витка закручивающего устройства

Количество витков	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$	$L, \text{мм}$	$P, \text{атм}$	$V, \text{м/с}$
0	0	506625	3,9	0	506625	4,38	0	506625	4,95	0	506625	5,7	0	506625	7	0	506625	10,43
1	300	504140	4,1	150	500310	4,77	100	492430	5,92	75	481061	7,11	50	447317	9,9	25	256726	18,89
2				300	498690	4,72	200	489594	5,83	150	478100	6,79	100	442874	9,2	50	210889	17,9
3							300	489643	5,36	225	470391	6,45	150	437718	8,7	75	190294	17,23
4										300	473555	6,34	200	431488	8,6	100	180931	16,77
5													250	430069	8,6	125	177103	16,18
6													300	420581	8,1	150	172338	15,77
7																175	165596	15,47
8																200	164566	14,93
9																225	154973	14,89
10																250	148068	14,97
11																275	140161	14,956
12																300	119500	14,86

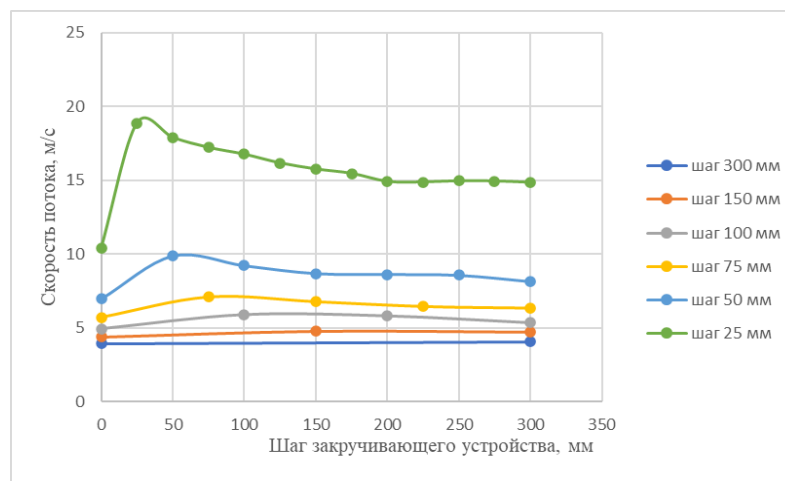


Рисунок 6 – График зависимости изменения скорости потока после каждого витка от шага закручивающего устройства

На Рисунке 6 отражены изменения показателей скорости потока после каждого витка в зависимости от шага закручивающего устройства. Максимальные значения скорости наблюдаются после первого витка закручивающего устройства с шагом 25 мм. Чем меньше шаг закручивающего устройства, тем меньше площадь поперечного сечения на входе и выше скорость движения жидкости. Однако при шаге менее 25 мм наблюдается снижение пропускной способности, что влияет на объем проходящей жидкости в единицу времени.

Используя уравнения Бернулли и Пуазейля получена зависимость в виде:

$$V = \frac{8\nu}{R} h. \quad (1)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$;

h – удельный шага закручивающего устройства;

R – радиус закручивающего устройства, м;

V – скорость движения жидкости, м/с.

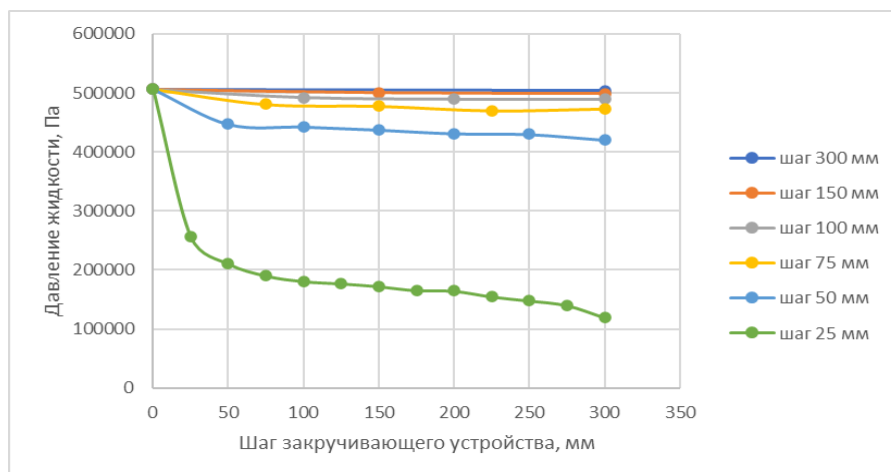


Рисунок 7 – График зависимости изменения давления жидкости после каждого витка от шага закручивающего устройства

На Рисунке 7 отражены изменения показателей давления жидкости после каждого витка в зависимости от шага закручивающего устройства. Максимальные значения падения давления наблюдаются после первого витка закручивающего устройства с шагом 25 мм. Чем меньше шаг закручивающего устройства, тем больше падение давления жидкости. При шаге закручивающего устройства 300 мм уменьшение числовых значений давлений минимально.

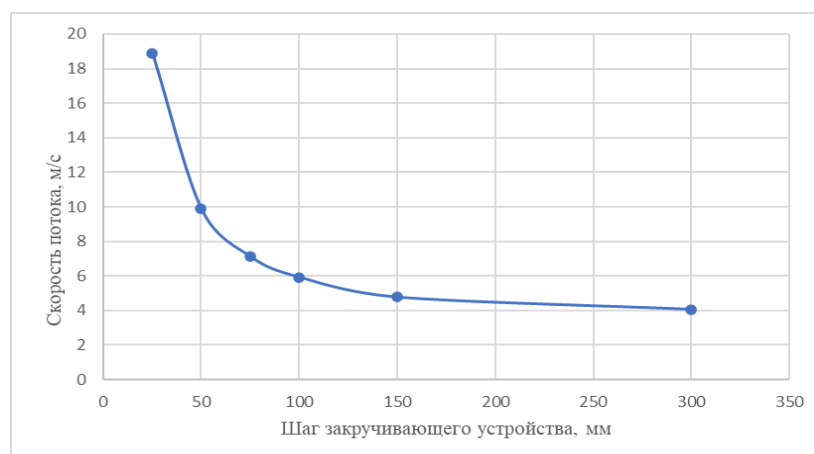


Рисунок 8 – График зависимости изменения скорости потока от шага закручивающего устройства после первого витка

На Рисунке 8 приведен построенный по данным Таблицы 1 график зависимости изменения скорости потока в зависимости от шага закручивающего устройства после первого витка, определяющий характер его изменения.

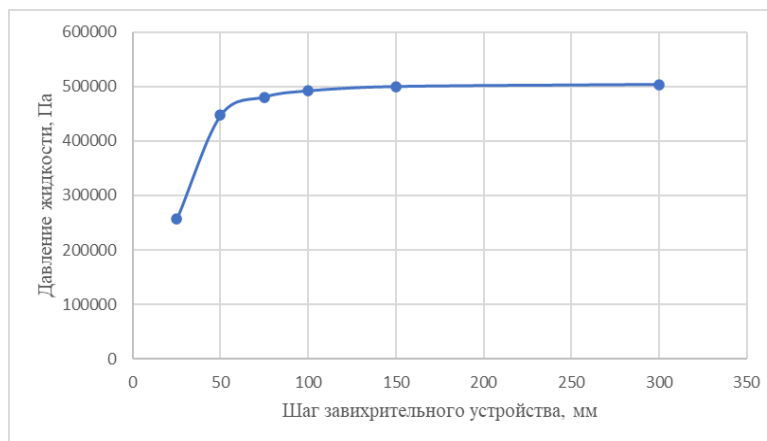


Рисунок 9 – График зависимости изменения давления жидкости от шага закручивающего устройства после первого витка

На Рисунке 9 приведен построенный по данным Таблицы 1 график зависимости изменения давления жидкости в зависимости от шага закручивающего устройства после первого витка, определяющий характер его изменения.

Полученный график зависимости (Рисунок 7) возможно описать степенной зависимостью:

$$V_h = \frac{8\nu}{R} h^n, \quad (2)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$;

R – радиус закручивающего устройства, м;

V_h – скорость движения жидкости при удельном шаге закручивающего устройства, м/с

h – удельный шаг закручивающего устройства;

где $n = -\frac{h}{0,0044},$ (3)

В ходе преобразований уравнений (2) и (3) получим выражение:

$$V = \frac{8v}{R} h^{-\frac{h}{0,0044}}. \quad (4)$$

На Рисунке 6 видно, что максимальные значения скоростей потоков получаются после первого витка закручивающего устройства с шагом 25 мм.

Используя Формулы 2 и 3, получим числовое значение скорости потока через первый виток закручивающего устройства с шагом 25 мм, которая составляет 18,9 м/с. Данные показатели совпадают с числовыми значениями, полученными в ходе моделирования с помощью программы Solidworks.

Проведено исследование основных характеристик при изменении количества витков закручивающего устройства.

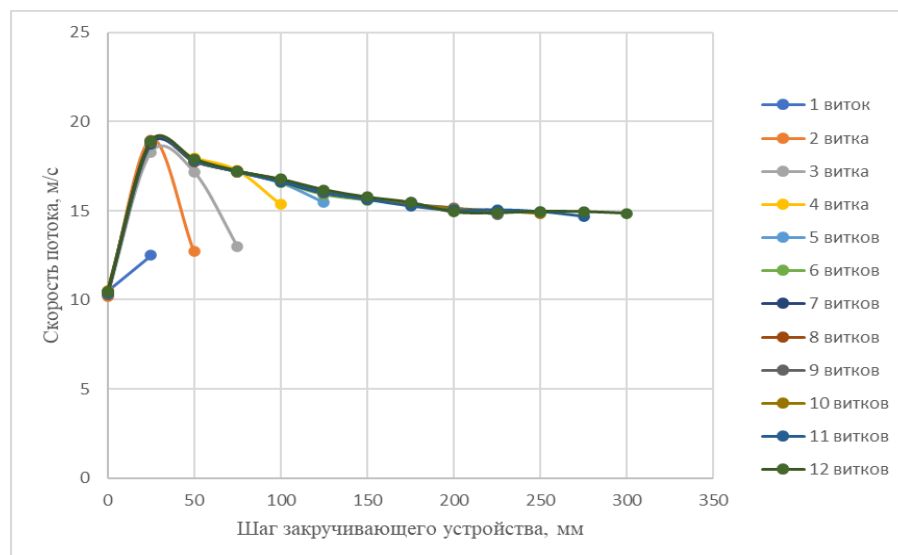


Рисунок 10 – График зависимости изменения скорости потока от количества витков с шагом 25 мм

Из графика, представленного на Рисунке 10, видно, что скорости потоков после каждого витка изучаемых закручивающих устройств длиной от 25 до 300 мм, и количеством витков от 2 до 12 обнаружены близкие по значению показатели скоростей после одинакового количества витков, если витки закручивающего устройства не являются заключительными, другими словами, теми, которые находятся уже на выходе. Такого же рода изменения были обнаружены при получении результатов изменения значений давления: близкие по значению после одинакового количества витков, если они не являются заключительными. Изменения давления показывают увеличение гидравлического сопротивления в закручивающих устройствах, и чем больше витков закручивающего устройства, тем оно больше.

Таблица 2 – Результаты исследования показателей скоростей на выходе из закручивающего устройства с шагом 25 мм

Длина закручивающего устройства, мм (Количество витков)	25(1)	50(2)	75(3)	100(4)	125(5)	150(6)	175(7)	200(8)	225(9)	250(10)	275(11)	300(12)
Скорость потока (м/с)	12,50	12,70	12,97	15,34	15,50	15,60	15,50	15,00	14,78	14,83	14,70	14,86

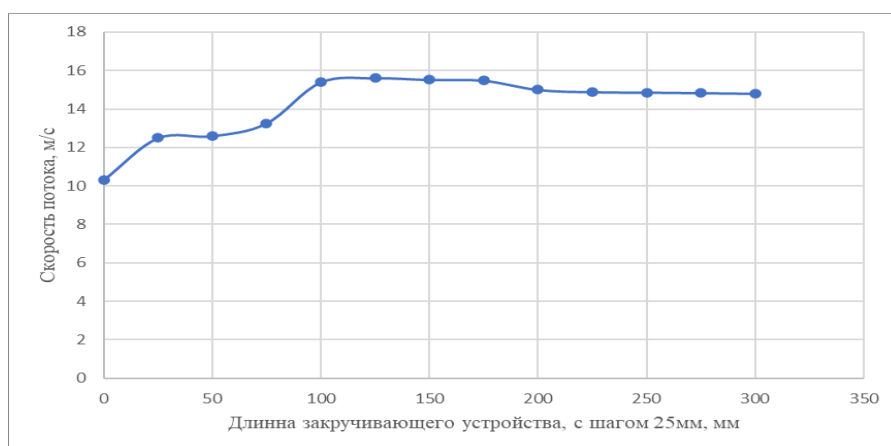


Рисунок 11 – График зависимости изменения скорости потока на конце закручивающего устройства от количества витков с шагом 25 мм

На Рисунке 11 приведен построенный по данным Таблицы 2 график зависимости изменения скорости потока на конце закручивающего устройства от количества витков с шагом 25 мм.

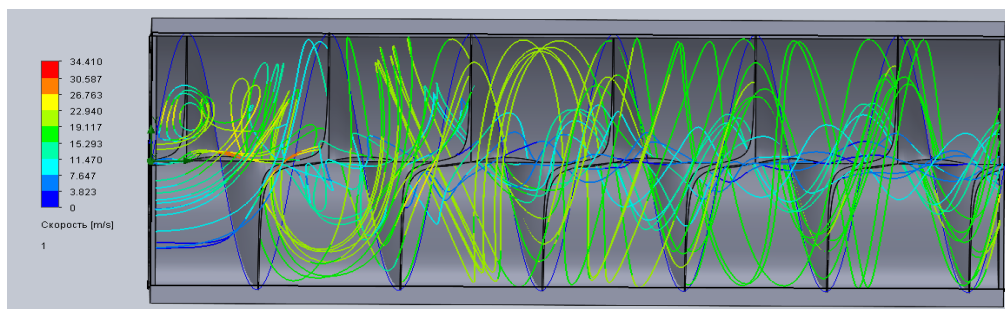


Рисунок 12 – Вид расчетной модели с шагом 25 мм и количеством витков 6

На Рисунке 12 представлена визуализация потоков жидкости в закручивающем устройстве с шагом 25 мм и количеством витков 6, где цветом отображена скорость движущейся жидкости. Здесь скорость потока на конце закручивающего устройства обладает наибольшими показателями значений скорости. В первых 4-х витках основная масса потока жидкости имеет сильную разнонаправленность в связи с чем средняя скорость потока показывает минимальные значения, однако в последующем поток жидкости принимает более упорядоченный вид.

В ходе дальнейших исследований скоростей жидкости, проходящей через закручивающее устройство обнаружено, что в закручивающем устройстве с одним витком не наблюдаются максимальные значения. Максимальные значения скорости потока образовались в закручивающем устройстве с шагом 25 мм, длиной от 100 до 175 мм, от 4 до 9 витков соответственно. Далее наблюдается некоторое снижение скорости. Для использования подобного рода приспособлений придерживались максимальных показателей при минимальных размерах.

Таблица 3 – Результаты исследования показателей давления на выходе из закручивающего устройства с шагом 25 мм

Длина закручивающего устройства, мм (количество витков)	25(1)	50(2)	75(3)	100(4)	125(5)	150(6)	175(7)	200(8)	225(9)	250(10)	275(11)	300(12)
Давление потока жидкости, Па	274935	205206	175944	163684	156522	152547	148234	145589	143590	140640	138845	137499



Рисунок 14 – График зависимости изменения давления жидкости на конце закручивающего устройства от количества витков с шагом 25 мм

На Рисунке 14 приведен построенный по данным Таблицы 3 график зависимости изменения давления жидкости на конце закручивающего устройства от количества витков с шагом 25 мм, на котором видно снижение давления на выходе из закручивающего устройства. Выравнивание падения давления наблюдается после четвертого витка, то есть, основное падение давления происходит до четвертого витка закручивающего устройства. Совместив изменения скорости потока и давления потока жидкости, стоит отметить, что основные оптимальные изменения происходят в районе четвертого витка закручивающего устройства.

Исследования осуществлялись при давлении $P=506625$ Па, создаваемым центробежным пожарным насосом производительностью 40 л/с. Параметры давления не менялись в ходе всего эксперимента. Подаваемая жидкость из насоса в опытный образец, во внутреннюю часть которого смонтировано закручивающее устройство, является вода.

Проведены практические испытания опытного образца в сочетании с ручными пожарными стволами РСКУ-50А, РСК-50. Получены определенные результаты:

- испытание опытного образца со стволом РСКУ-50А показало увеличение дальности подачи воды на 13 %;

- испытание опытного образца со стволом РСК-50 показало увеличение дальности подачи воды на 19 %;

В ходе проведения практических испытаний опытный образец закручивающего устройства показал результат хуже, чем опытный образец во внутреннюю часть которого смонтированы пластины, ввиду того, что не смотря на попытки направить в сопло пожарного ствола раскрученного потока жидкости в сечении не превышающим условный паровод закручивающего устройства, возникающие центробежные силы оказывают негативное влияние на прямолинейность потока жидкости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе анализа пожарных стволов, имеющих на вооружении пожарных подразделений, определили их слабые и сильные стороны как с точки зрения эффективности тушения пожаров, так и с точки зрения эргономики, надежности при эксплуатации, достоинства и преимущества. Проанализированы основополагающие принципы их возникновения, и описаны теоретические основы. Установлено, что необходимо модернизировать современные пожарные стволы, для того, чтобы максимально увеличивать эффективность их работы, несмотря на постоянно растущее использование строительных материалов,

горение которых сопровождается выделением большого количества отравляющих веществ с высокой концентрацией и при этом резко увеличивается воздействие опасных факторов пожара на людей, оказавшихся в этих зонах, а также участников тушения пожаров.

2. Сформирован критерий, позволяющий осуществить достоверную количественную оценку изменения скорости потока в зависимости от шага закручивающего устройства и его радиуса.

3. Проведены исследования вихревых потоков, а также исследования изменений скоростей и давлений движущейся жидкости с помощью программного обеспечения Solidworks, позволившие визуализировать изменения данных параметров.

4. Проведены экспериментальные исследования и испытания действующих пожарных стволов с использованием опытных образцов, во внутреннюю часть устройства которых смонтированы пластины, либо закручивающее устройство. Определена возможность повышения эффективности тушения пожаров на значительно удаленном расстоянии от очага пожара с помощью модернизированных пожарных стволов, за счёт увеличения дальности подачи огнетушащих веществ, при использовании вихревых потоков в пожарных стволах. В ходе опытных испытаний образца, во внутреннюю часть которого смонтированы пластины, выявлено максимальное количественное увеличение дальности подачи воды, которое составило 20 %.

5. Проведены исследования по определению параметров получения максимальных числовых значений скорости движения жидкости. В ходе исследования получены данные по оптимальному количеству витков в закручивающем устройстве, шаге и общей его длине, данные показатели необходимы для проведения экспериментальных исследований.

Содержание работы опубликовано в 13 научных трудах, в том числе:

- в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях в соответствии с требованиями ВАК Министерства науки и высшего образования РФ:

1. Ганеев, Р.А. Совершенствование элементов конструкции приборов пожаротушения для создания вихревых потоков / Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2021. – №4. – С. 22-31.

2. Ганеев, Р.А. Использование вихревых потоков в приборах пожаротушения / Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов, Ф.Ш. Хафизов // Научный электронный журнал «Техносферная безопасность». – 2021. – № 2. – С. 82-86.

3. Ганеев, Р.А. Исследование изменения скорости потока жидкости при изменении количества витков шнека / Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2022. – № 2. – С. 40-48.

4. Ганеев, Р.А. Исследование завихрителей в приборах пожаротушения для повышения эффективности тушения пожаров / Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов, З.Х. Павлова, Д.Л. Алексеев // Научный электронный журнал «Техносферная безопасность». – 2024. – №4(45). – С. 61-69.

- в прочих изданиях:

1. Ганеев, Р.А. Исследование вихревых потоков жидкости для повышения эффективности приборов пожаротушения / Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов, И.К. Бакиров, Л.Х. Зарипова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2022. – № 6. – С. 30-43.

- в материалах различных конференций и семинаров:

1. Ганеев, Р.А. Исследование изучения вихревых потоков жидкости в приборах пожаротушения. // Сборник материалов конференции «69-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2018. – С. 291.

2. Ганеев, Р.А. Использование вихревых потоков жидкости в приборах пожаротушения. // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновации в области пожаротушения и проведения АСР». – 2021. – С. 7.

3. Ганеев, Р.А. Модернизация потоков жидкости в приборах пожаротушения для повышения эффективности тушения пожаров. // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновации в области пожаротушения и проведения АСР». – 2021. – С. 7.

4. Ганеев, Р.А. Использование вихревых потоков жидкости в приборах пожаротушения. // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2022. – С. 121.

5. Ганеев, Р.А. Исследование тактики тушения пожарными подразделениями Германии. // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2022. – С. 122.

6. Ганеев, Р.А. Исследование тактики тушения пожарными подразделениями исследование тактики тушения пожарными подразделениями Америки. // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2022. – С. 123.

7. Ганеев, Р.А. Исследование тактики тушения пожарными подразделениями исследование тактики тушения пожарными подразделениями Англии. // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2022. – С. 124.

8. Ганеев, Р.А. Исследование тактики тушения пожарными подразделениями исследование тактики тушения пожарными подразделениями России. // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». – 2022. – С. 125.