

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и стратегическим проектам
Национального исследовательского
Томского политехнического университета
кандидат физико-математических наук



А.С. Гоголев

2025 г.

«*И*» *ноября*

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертационную работу
Гумирова Андрея Сергеевича
«Подача компрессионной пены по насосно-рукавным системам при тушении пожаров на объектах энергетики в условиях низких температур»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки)

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований. Для обеспечения пожарной безопасности объектов энергетики, функционирующих в районах с холодным климатом, требуется разработка дополнительных мероприятий в данной области. Энергетический сектор является одним из основных секторов экономики Российской Федерации. В связи с этим вопросы обеспечения пожарной безопасности и тушения пожаров на объектах энергетики актуальны и особенно остро проявляются при тушении пожаров в условиях низких температур. Технологии получения новых установок пожаротушения развиваются. Большую часть из них можно применять, в том числе, на объектах энергетики в условиях низких температур окружающей среды. В связи с этим наблюдается прогресс в области создания новых установок тушения, функционально приспособленных для применения, в том числе и в условиях низких температур. В этой связи тема диссертационного исследования А.С. Гумирова, направленного на определение параметров подачи компрессионной пены с помощью насосно-рукавных систем в условиях низких температур, несомненно актуальна.

Цель диссертационного исследования состоит в определении зависимостей характеристик процесса охлаждения компрессионной пены от

параметров подачи с помощью насосно-рукавных систем в условиях низких температур.

Задачи диссертационного исследования:

- изучить условия и способы тушения пожаров на объектах энергетики с учетом их размещения в различных климатических районах на территории Российской Федерации;

- разработать измерительный комплекс, программы и методики проведения экспериментальных исследований в условиях низких температур окружающей среды;

- сформулировать математическую модель охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур.

Научная новизна диссертационной работы

Результаты теоретических и экспериментальных исследований Гумирова А.С. являются оригинальными. Их новизна подтверждается соответствующими публикациями автора в рецензируемых журналах из перечня ВАК, докладами на конференциях. В качестве наиболее значимых положений можно выделить следующее:

1) Получена эмпирическая зависимость, описывающая охлаждение компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур, основанная на новых экспериментальных данных.

2) сформулирована обоснованная математическая модель процесса охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием проверенных расчетных методов и методов измерений, повторяемостью результатов измерений разными средствами при одинаковых условиях эксперимента, удовлетворительным качественным и количественным согласием результатов расчетов и экспериментов и непротиворечивостью полученных результатов.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработан программный комплекс для оценки параметров подачи компрессионной пены и обоснованы технические решения для поддержания работоспособности пожарного автомобиля в условиях низких температур.

Значимость результатов диссертационной работы для отрасли науки и техники обусловлена возможностью использования результатов выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований при разработке образцов пожарной и аварийно-спасательной техники для тушения пожаров в условиях низких температур, а также сформулирована

обоснованная математическая модель процесса охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур.

Связь диссертации с реальным сектором экономики, научными проектами, программами и грантами. В диссертации и автореферате указаны программы, в рамках которых выполнены изыскания.

Личный вклад автора состоит в разработке программы и методики проведения экспериментальных исследований по определению параметров массового расхода компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур. Автор разработал специальный измерительный комплекс для определения параметров охлаждения компрессионной пены при подаче по пожарным рукавам в условиях низких температур, а также на основании полученных и обработанных результатов разработан программный комплекс по предварительному планированию сил и средств подразделений пожарной охраны при транспортировке компрессионной пены при отрицательных температурах.

Структура, объем диссертации и ее основные разделы

Диссертация А.С. Гумирова состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и 7 приложений. Работа выполнена на 181 странице текста, содержит 13 таблиц, 50 рисунков, список литературы из 143 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи, представлены сведения о научных результатах и практической значимости результатов исследования.

В первой главе «Размещение объектов энергетики на территории Российской Федерации и особенности тушения пожаров на этих объектах» представлены результаты статистического анализа пожаров и аварий, произошедших на объектах энергетики за 2014–2023 гг. Проведен анализ географического размещения объектов энергетики по различным климатическим районам России. Проведен анализ распределения числа пожаров на объектах энергетики, а также распределения количества пожаров в зависимости от периода года на этих объектах. Сделан вывод о том, что пожары, происходящие на объектах энергетики, являются наиболее сложными. Сложность тушения таких пожаров заключается в большом количестве горючего материала, расположенном на незначительной площади. Также наибольшее количество пожаров происходит на объектах, расположенных в холодных климатических районах, в зимний период времени, а эффективная ликвидация таких пожаров требует применения современных средств тушения, в частности компрессионной пены.

Во второй главе «Теоретические и экспериментальные исследования процесса охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур» показано, что технология подачи компрессионной пены позволяет получать пену путем смешения раствора пенообразователя и сжатого воздуха под давлением и подавать непосредственно из ствола не раствор воды и пенообразователя, а готовую для тушения пену. Компрессионная пена, используемая для тушения пожаров, имеет те же свойства, что и пена, полученная традиционным вспениванием, однако у нее есть ряд таких преимуществ. Представлены результаты экспериментов по определению массового расхода компрессионной пены при разных режимах работы установок. Описан разработанный специальный измерительный комплекс для изучения охлаждения компрессионной пены, подаваемой по насосно-рукавным системам в условиях низких температур, в том числе при температурах до -30 °С. Проведён ряд исследований с различными видами установок. Полученные результаты проанализированы и сведены в таблицы. Выявлено, что величина охлаждения зависит от степени сжатия пены и режима работы системы: при меньшей степени сжатия в насосно-рукавных системах охлаждение вдоль рукавной линии уменьшается. Для теоретического описания эффекта предложена математическая модель на основе уравнения теплового баланса; выведено уравнение для расчёта параметров охлаждения в зависимости от кратности пены, расстояния подачи и воздействия окружающей среды. Результаты сравнивались с экспериментальными данными с использованием критерия Стюдента, который подтвердил адекватность модели. По итогу получено уравнение для расчёта температуры охлаждения компрессионной пены на выходе из ствола.

В третьей главе «Технология применения компрессионной пены при тушении пожаров на объектах энергетики в условиях низких температур воздуха» приведено описание разработанной технологии применения компрессионной пены при тушении пожаров на объектах энергетики в условиях низких температур воздуха. На основе проведенных экспериментальных исследований разработан программный комплекс по определению параметров подачи компрессионной пены по насосно-рукавным системам в условиях низких температур окружающей среды. Программный комплекс основан на платформе RAD Studio Embarcadero на языке программирования Delphi и позволяет оценить параметры применения компрессионной пены при ликвидации пожаров на объектах энергетики с применением в качестве огнетушащего вещества компрессионной пены в условиях низких температур окружающей среды. Сформулированы

рекомендации для предварительного планирования действий подразделений пожарной охраны по тушению объектов энергетики и оценке их возможностей с учетом особенностей охлаждения компрессионной пены при воздействии низких температур.

В заключении диссертации обоснованы технические решения для поддержания работоспособности пожарного автомобиля при тушении пожаров на объектах энергетики, в условиях охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в следствие теплообмена с внешней средой.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.

Результаты исследований Гумирова А.С. рекомендуется использовать:

- при предварительном планировании сил и средств подразделений пожарной охраны, с целью оценки параметров подачи компрессионной пены в условиях низких температур окружающей среды;
- при определении температуры компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур воздуха.

По диссертации и автореферату сформулированы вопросы, комментарии и замечания:

1. При постановке математической задачи не все принятые допущения обоснованы.
2. Не приведены диапазоны изменения основных параметров (например, температуры воздуха) задачи, в которых математическая модель обоснована.
3. Недостаточно конкретно сформулированы рекомендации по материалам для изготовления насосно-рукавных систем.
4. На рисунках 2.26-2.28 приведены неочевидные, на первый взгляд, зависимости, отсутствует объяснение физических причин функциональных связей такого рода.

Отмеченные недостатки не снижают практической и теоретической ценности работы А.С. Гумирова.

Заключение по диссертации.

Диссертация А.С. Гумирова «Подача компрессионной пены по насосно-рукавным системам при тушении пожаров на объектах энергетики в условиях низких температур» выполнена на высоком научном уровне, изложена научным языком.

Следует отметить наличие публикаций в количестве 15 научных работ, в том числе 8 статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в

перечень ВАК России, и двух свидетельств о Государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки), а именно, 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».

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод о том, что по актуальности темы, достоверности, оригинальности полученных результатов и сформулированных выводов диссертационная работа «Подача компрессионной пены по насосно-рукавным системам при тушении пожаров на объектах энергетики в условиях низких температур» полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Гумиров Андрей Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором НОЦ И.Н. Бутакова Стрижаком Павлом Александровичем и доктором физико-математических наук, профессором НОЦ И.Н. Бутакова Кузнецовым Гением Владимировичем.

Отзыв заслушан, обсужден и утвержден на заседании секции Научно-технического совета Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (протокол № 25 от 13 ноября 2025 года).

доктор физико-математических наук, профессор,
член корреспонденции РАН,
профессор НОЦ И.Н. Бутакова,
заведующий лабораторией тепломассопереноса ТПУ
Стрижак Павел Александрович
14.11.2025



Председатель секции Научно-технического совета
Инженерной школы энергетики НИ ТПУ,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор НОЦ И.Н. Бутакова
Кузнецов Гений Владимирович
14.11.2025



Секретарь секции Научно-технического совета
Инженерной школы энергетики НИ ТПУ
Гнездилов Петр Андреевич

14.11.2025

Сид

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет» ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ТПУ

почтовый адрес: 634050, Томская область, г. Томск, проспект Ленина, д. 30,

Телефон: +7 (3822) 60-63-33

pavelspa@tpu.ru

<https://tpu.ru>

Даем согласие на включение своих персональных данных в документы,
связанные с защитой диссертации Гумирова Андрея Сергеевича, и их
дальнейшую обработку.