

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника  
университета по научной работе  
д.т.н. О.А. Зыбина

«22 » августа 2022 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Барановского Алексея Сергеевича на тему «МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство)

В современных экономических реалиях в нашей стране задачи в области строительства транспортных объектов имеют высокую значимость и во многом являются приоритетными для государства. В свою очередь, вопросы обеспечения пожарной безопасности данных объектов являются актуальными.

Диссертационная работа соискателя Барановского Алексея Сергеевича посвящена решению важной научно-технической задачи – оптимизации проектных решений автотранспортных тоннелей с использованием методов математического моделирования.

Опыт эксплуатации автотранспортных тоннелей, особенно расположенных в пределах городов, указывает на немалую вероятность аварий и дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся пожарами. Вероятность пожара считается наиболее опасной из всех видов опасности в тоннеле. При этом специфика пожара в тоннеле сопряжена с большими трудностями, связанными с его тушением, а также эвакуацией людей. Поэтому обеспечение пожарной безопасности подобных объектов является важной задачей.

Однако, важной особенностью автотранспортных тоннелей является неповторимость каждого из подобных сооружений. А именно, наличие тех или иных проектных решений, влияющих на процесс распространения пожара, которые не могут быть однозначно оценены, либо регламентированы в рамках нормативных документов. Большую роль в таких условиях играет использование методов математического моделирования, для решения задачи обеспечения пожарной безопасности объекта.

Таким образом, рассматриваемая тема диссертации является актуальной.

Бх № 162 от 26.08.2022

Диссертация Барановского Алексея Сергеевича состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературных источников и двух приложений.

Диссертация четко структурирована, содержание работы вытекает из избранной диссертантом темы, целей, задач, объекта и предмета исследования.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, проанализированы объект и предмет исследования, показаны научная новизна работы и ее практическая значимость.

**В первой главе** «Пожары в автотранспортных тоннелях. Прогнозирование распространения опасных факторов пожара. Обзор существующих исследований» приводится классификация и особенности объемно-планировочных решений и инженерных систем тоннелей, влияющих на развитие пожара, описаны наиболее интересные и значимые случаи с пожарами в тоннелях. Рассмотрены основные причины и последствия указанных пожаров, а также основные системы противопожарной защиты, применяемые в данных сооружениях. В этой же главе приводится описание математических моделей, используемых для расчета распространения ОФП на объектах различного назначения, и оценена их пригодность для таких расчетов в сооружениях автодорожных тоннелей, а также рассматривается подробное описание дифференциальной (полевой) математической модели – приводятся основные уравнения математической модели, подмодели турбулентности, горения, радиационного теплопереноса. В заключение первой главы приводится обзор работ, посвященных исследованию и прогнозированию характеристик пожара в тоннелях.

**Во второй главе** «Формулировка и апробация математической модели в рамках программного комплекса SOFIE. Результаты моделирования, сравнение с экспериментом» диссертации сформулирована полевая математическая модель расчета. Изложены основные уравнения модели, а также описаны подмодели, необходимые для проведения расчета. Значительную часть данной главы представляет собой сравнение экспериментальных данных и результатов численных расчетов, проведенных с помощью указанной модели. Приводится описание серии экспериментов, проведенных автором на модели тоннеля, размещенной на территории ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Подробно приведены методика и постановка экспериментов. В качестве второго эксперимента для сравнения использованы данные пожарных испытаний в реальном тоннеле Memorial (США). На основе данных указанных экспериментов проведена апробация математической модели, реализованной в программном комплексе SOFIE. Получена хорошая сходимость экспериментальных данных и результатов численных расчетов.

Во второй главе работы сделан вывод о том, что используемая математическая модель, реализованная в программном комплексе SOFIE, адекватно описывает термодинамические характеристики газовой среды при пожаре и может быть использована для прогнозирования распространения опасных факторов пожара в тоннеле.

**В третьей главе** «Исследование влияния различных факторов на распространение опасных факторов пожара в тоннеле методом численного моделирования» работы рассматривается влияние различных факторов на распространение ОФП в модельном тоннеле. Для исследования используются данные, полученные на основе математического моделирования. Рассматриваются и обсуждаются результаты проведенных расчетов, формулируются выводы.

В частности, проведены численные исследования влияния уклона и ширины тоннеля, а также мощности тепловыделения на распространение ОФП в модельном тоннеле. Предварительно выполнена оценка параметров расчетной сетки и выбраны ее оптимальные размеры.

Численные исследования проведены для нескольких значений каждого из исследуемых параметров. Для оценки влияния уклона тоннеля рассматриваются различные значения угла наклона в диапазоне от 0 до 6%, диапазон мощности тепловыделения очага пожара – от 10 до 100 МВт, ширина тоннеля от 5 до 20 м. Результаты расчетов оформлены с использованием большого количества иллюстраций и графиков. Также представлен подробный анализ полученных результатов.

Общий вывод для всех проведенных расчетов указывает на то, что наиболее экстремальные значения рассмотренных характеристик (уклон, мощность, ширина) приводят к более быстрому последовательному блокированию участков путей эвакуации в первые минуты пожара, однако, в последующие моменты времени расстояния, блокированные опасными факторами для любых значений рассматриваемых характеристик могут фактически выравниваться, что является существенным при проектировании эвакуационных путей с учетом времени начала эвакуации. При этом отмечено, что на указанный результат имеет определенное влияние постановка граничного условия постоянства давления.

Для уклона тоннеля получены результаты, не соответствующие «классическому» пониманию картины пожара, однако, имеющие достаточно четкое обоснование.

**В четвертой главе** диссертации дано описание реальных объектов, на которых были применены результаты диссертационной работы, а также приведены объемно-планировочные решения автотранспортных тоннелей, оценка которых может быть проведена на основании указанных результатов. Среди указанных объектов тоннели г. Москвы и г. Сочи.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для

выполнения оценки конкретных объемно-планировочных решений любых автотранспортных тоннелей с точки зрения пожарной безопасности, таких как:

- параметры эвакуационных путей и выходов (максимальные расстояния до эвакуационных сбоек, наличие/отсутствие пешеходной дорожки, оценка наиболее безопасного направления движения);
- оценка эффективности работы систем противопожарной защиты, в первую очередь, противодымной защиты;
- выбор наиболее оптимальных объемно-планировочных решений (параметры продольного профиля, увеличение площади поперечного сечения вместо затрат на систему противодымной защиты, необходимость сооружения двухтрубного тоннеля, либо наличие двустороннего движения и т.д.).

**В заключении** сформулированы основные выводы по результатам выполнения диссертационной работы, которые полностью соответствуют поставленным задачам исследования.

**Основные научные положения**, которые выдвигает, развивает и защищает соискатель:

- результаты экспериментальных исследований распространения ОФП на модели автотранспортного тоннеля;
- математическая модель расчета, описывающая развитие пожара в автотранспортном тоннеле;
- возможность использования метода численного моделирования и полевой модели, реализованной в программном комплексе SOFIE, для решения задач обеспечения пожарной безопасности автотранспортных тоннелей с целью оптимизации их проектных решений;
- результаты численного моделирования пожара в тоннеле при различных значениях его проектных характеристик;
- результаты анализа влияния уклона и ширины тоннеля, а также мощности очага пожара на распространение ОФП;
- возможность использования результатов анализа для оптимизации проектных решений автотранспортных тоннелей для повышения уровня их пожарной безопасности.

**Достоверность** полученных результатов и выводов диссертации подтверждается: применением современных методов исследования, удовлетворительной сходимостью результатов численного моделирования и экспериментальных данных, использованием аттестованной измерительной аппаратуры, апробированных методик измерения, адекватностью полученных расчетных данных и внутренней непротиворечивостью результатов.

**Научная новизна** диссертации заключается в следующем:

- На модели тоннеля получены новые экспериментальные данные по

распространению ОФП в тоннеле, позволяющие апробировать полевую математическую модель.

- Сформулирована математическая модель расчета, описывающая развитие пожара в автотранспортном тоннеле, и проведена ее апробация на основе сравнения с данными эксперимента.

- С помощью математической модели проведены численные эксперименты и установлено существенное влияние уклона, ширины тоннеля и мощности очага пожара на процесс распространения ОФП в тоннеле.

**Практическая значимость работы** несомненна и подтверждена актами внедрения в открытом акционерном обществе «Минскметропроект» при проектировании объектов «Автодорожный тоннель №6 на участке обхода г. Сочи автодороги Джубга-Сочи» и «Межтерминальный переход между СТК и ЮТК аэропорта Шереметьево», а также акционерном обществе «Мосметрострой» при проектировании объекта «Участок Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова (Серебряноборские тоннели)». На указанных объектах были оптимизированы проектные решения в части эвакуации людей, а также геометрических параметров сооружений и необходимости использования системы противодымной вентиляции.

К достоинствам работы можно отнести большой объем проведенных экспериментальных и численных исследований, а также достаточную для инженерных расчетов сходимость результатов численного эксперимента с экспериментальными данными.

Численные эксперименты, выполненные на ЭВМ, проведены на достаточно высоком научно-методическом уровне. Анализ полученных результатов позволяет эффективно использовать методы математического моделирования для оптимизации проектных решений и повышения уровня пожарной безопасности автотранспортных тоннелей.

В качестве замечаний по диссертационной работе можно отметить следующие:

1. Во 1-й главе диссертации при рассмотрении случаев пожаров в тоннелях недостаточное внимание удалено чрезвычайным ситуациям, имевшим место в отечественной практике.

2. В 1-й главе диссертации излишне описание интегральной и зонной моделей, поскольку указанные модели не являются эффективными при рассмотрении пожара в таком протяженном объекте, как автотранспортный тоннель.

3. Во 2-й главе диссертации не достаточно обоснован выбор соответствующего программного комплекса SOFIE.

4. В 3-й главе диссертации хотя бы один из вариантов расчета целесообразно в качестве примера влияния того или иного фактора увязать с результатами расчета времени эвакуации людей из объекта.

5. В тексте диссертационной работы есть незначительные опечатки, которые в целом не влияют на понимание содержания работы.

Указанные замечания не являются критическими и не ставят под сомнение научную и практическую значимость диссертационного исследования.

Работа написана четким и ясным языком, хорошо оформлена и иллюстрирована.

Основные результаты достаточно полно опубликованы в 3-х статьях в журналах, рекомендованных ВАК Минобразования и науки Российской Федерации, а также в 8 сборниках материалов международных и российских конференций. Перечень публикаций свидетельствует о достаточно полной информированности научно-технической общественности о содержании работы.

Автореферат достаточно хорошо оформлен, полностью отражает содержание и выводы диссертации и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК России к авторефератам диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук.

### **Заключение по работе**

Диссертационная работа Барановского Алексея Сергеевича представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи возможности оптимизации проектных решений автотранспортных тоннелей с целью повышения уровня их пожарной безопасности, имеющей существенное значение для обеспечения пожарной безопасности указанных объектов.

Диссертация содержит важные научные результаты и свидетельствует о высокой квалификации её автора в избранной научной специальности.

Тема диссертации и её основные положения полностью соответствуют паспорту специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство), а именно:

- пункту 3 «Научное обоснование принципов и способов обеспечений промышленной и пожарной безопасности на предприятиях промышленности, строительства и на транспорте»;

- пункту 5 «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ, материалов, производственного оборудования, конструкций, зданий и сооружений».

На основании материалов, представленных в рассматриваемом исследовании, можно сделать вывод о том, что представленная диссертационная работа соответствует требованиям и критериям, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Барановский Алексей Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени

кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство).

Диссертация обсуждена, отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы, протокол от 22.08.2022 г. № 17.

Заведующий кафедрой прикладной математики  
и информационных технологий  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет  
государственной противопожарной службы»  
кандидат технических наук, доцент

А. В. Матвеев

Профессор кафедры прикладной математики  
и информационных технологий  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет  
государственной противопожарной службы»  
кандидат технических наук, профессор  
*22.08.2022г.*

М. И. Гвоздик



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»).

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, пр-кт. Московский, д.149  
Телефон: +7 (812) 645-20-15, E-mail: pr@igps.ru