



МЧС РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ОБОРОНЫ
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»

(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха,
Московская область, 143903
Телефон: (495) 521-23-33
Факс: (495) 529-82-52, 524-98-99
E-mail: vniipo@vniipo.ru; http://www.vniipo.ru

УТВЕРЖДАЮ

Временно исполняющий
обязанности начальника института
полковник внутренней службы

Э.М. Идрисов

«22» 08 2025 г.

№ _____
На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» на диссертационную работу Малютина Олега Сергеевича на тему: «Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Фактор времени оказывает существенное влияние на процесс развития пожара и распространение его опасных факторов. Данные обстоятельства определяют размер ущерба от пожара по социальной и материальной составляющим. Статистические данные о пожарах и их последствиях свидетельствуют, что порядка 90% от общего числа погибших людей на пожарах приходится на начальный период горения. В этой связи, своевременное прибытие пожарно-спасательных подразделений к месту вызова определяет эффективность организации проведения спасательных операций при пожарах, их локализацию и тушение на объектах защиты,

Вх. л. 6 / Р4 от 29.08.2025

расположенных в населенных пунктах. Как показывает практика, на оперативность прибытия пожарно-спасательных подразделений к месту вызова значительным образом влияют различные условия, свойственные населенным пунктам. Одним из которых является условие оптимальности размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) на территории населенных пунктов с учетом выполнения требований нормативных правовых документов по пожарной безопасности. Научно-техническая задача по обоснованию мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) достаточно успешно решена как в отечественной, так и зарубежной практике. Исследователями предложен обширный спектр методов, математических моделей и компьютерных программ по решению задачи обоснования мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений). В Российской Федерации разработана и внедрена нормативная правовая база в рассматриваемой предметной области. Действуют как нормы, регламентированные федеральным законом, так и расчетные методы, закрепленные в нормативных документах по пожарной безопасности.

Однако, практика применения нормативной правовой базы показывает проблематичность решения задачи по обоснованию мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) с позиции наличия вычислительной сложности ее решения при значительном числе исходных данных, особенно для крупных городских территорий с высокой плотностью населения. Требуется применение современных информационных технологий для разработки систем компьютерного моделирования с использованием большого числа исходных данных по топологии городской застройки и транспортной сети, а также применения «быстрых» алгоритмов пространственной оптимизации, в том числе построенных на эвристических правилах.

В этой связи диссертационное исследование Малютина Олега Сергеевича актуально, обладает научной и практической значимостью и посвящено решению задачи по созданию информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию дислокации пожарно-спасательных подразделений в городской среде с использованием современных информационных технологий. Практическое применение данной системы повышает качество принимаемых управленческих решений по обеспечению пожарной безопасности населенных пунктов путем обоснования оптимальных мест дислокации вновь создаваемых пожарно-спасательных подразделений.

2. Цель, объект, предмет и задачи диссертационного исследования

Целью диссертационной работы Малютин О.С. является совершенствование системы организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов на основе разработки информационно-аналитического обеспечения поддержки принятия решений по обоснованию мест дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде.

В качестве объекта исследования соискатель определил систему организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов. Предметом исследования является информационно-аналитическое обеспечение поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения подразделений пожарной охраны в городской среде.

Для достижения поставленной цели соискателем были поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ существующих проблем поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны;

- проанализировать и выявить наиболее значимые факторы, влияющие на обоснование дислокации подразделений пожарной охраны;

- проанализировать существующие методы и алгоритмы решения задач оптимизации размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) и определить из них наиболее приемлемые с точки зрения реализации в информационно-аналитической системе поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде и разработать методы гибридизации проанализированных алгоритмов;

- разработать информационно-аналитическую систему поддержки принятия решений по обоснованию дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде;

- разработать алгоритм поддержки принятия решений по обоснованию дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде с использованием информационно-аналитической системы на основе предложенных гибридных эвристических алгоритмов.

3. Научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- разработаны модели и алгоритмы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных

подразделений) в городской среде, отличительной особенностью которых является применение комплекса эвристических алгоритмов, основанных на технологиях машинного обучения;

- разработана архитектура, информационное и специализированное программное обеспечение информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде, отличительной особенностью которой является применение модульных паттернов объектно-ориентированного программирования, построенных на основе предложенных эвристических алгоритмов.

Теоретическая значимость исследования связана с развитием алгоритмического, информационного и программного обеспечения систем управления и поддержки принятия решений при проектировании деятельности пожарно-спасательных гарнизонов на основе применения современных информационных технологий. В основе последних лежит обработка большого объема исходных данных по топологии городской застройки и транспортной сети с использованием методов машинного обучения.

Практическая значимость исследования заключается в создании информационно-аналитической системы, которая позволяет органам управления пожарно-спасательных гарнизонов обеспечивать поддержку принятия решений по обоснованию дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде.

4. Личный вклад автора и оценка результатов диссертационного исследования

Диссертационное исследование Малютин О.С. выполнено на основе всестороннего анализа литературных источников по результатам ранее проведенных научных изысканий и действующей нормативной правовой базы по проблемам обоснования размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) для обеспечения пожарной безопасности объектов защиты в населенных пунктах. По результатам проведенного анализа соискатель выявил существующие проблемные вопросы в рассматриваемой предметной области, связанные с наличием необходимости создания информационно-аналитических систем обработки значительных массивов исходных данных при решении задачи обоснования размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений), что требует применения современных информационных технологий. Исходя из выявленных

проблем, соискатель определил цель, объект и предмет и обосновал научные задачи диссертационного исследования.

Лично Малютиным О.С. разработаны математические модели и гибридные эвристические алгоритмы, примененные для создания информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде.

На примере ряда крупных городов Российской Федерации, с использованием разработанной информационно-аналитической системой, проведены вычислительные эксперименты и проанализирована эффективность предложенных гибридных эвристических алгоритмов. При анализе результатов вычислительных экспериментов соискатель показал способность сопоставлять их с результатами других научных школ в области решения задачи по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в населенных пунктах.

Специализированное программное обеспечение соискателем разработано в соавторстве с рядом специалистов и является неделимым.

Результаты диссертационной работы Малютина О.С. имеют практическое применение и внедрены в организациях:

- Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
- Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
- Главное управление МЧС России по Красноярскому краю;
- 1 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Ханты-Мансийскому округу – Югре.

5. Структура и краткое содержание диссертационного исследования

Диссертационная работа Малютина О.С. состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений. Список использованных источников состоит из 163 наименований. Работа изложена на 173 страницах машинописного текста (основной текст без приложений), включая 60 рисунков, 27 таблиц.

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

Представлены положения, выносимые на защиту, сведения о внедрении и апробации результатов исследования.

Первая глава **«Проблемы принятия управленческих решений при обосновании дислокации подразделений пожарной охраны и оптимальных мест их дислокации»** посвящена рассмотрению состояния вопроса в рассматриваемой предметной области исследования. На основе анализа нормативных правовых документов, действующих в настоящее время в Российской Федерации, осуществлен обзор законодательно и нормативно закрепленных требований в области пожарной безопасности по определению числа и мест дислокации подразделений пожарной охраны в населенных пунктах и на промышленных предприятиях. На основе методов математической статистики (применен разведочный и корреляционный анализы) исследованы данные о реагировании подразделений пожарной охраны в различных регионах Российской Федерации. За период с 1995 по настоящее время осуществлен обзор научных публикаций отечественных и зарубежных специалистов и ученых по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в населенных пунктах.

Проведен анализ разработанных информационно-аналитических систем компьютерного моделирования для решения задачи размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений). Определены направления развития данных систем на основе применения современных информационных технологий построенных на методах обработки больших массивов исходных данных. По результатам проведенного анализа определена проблематика разработки систем компьютерного моделирования, в которых решается задача пространственной оптимизации с визуализацией расчетных данных на картах населенного пункта, с привязкой к его транспортной сети. Определено, что одним из направлений решения рассматриваемой задачи является использование современных языков программирования Python и R.

Во второй главе **«Анализ факторов, оказывающих влияние на выбор оптимального места дислокации подразделений пожарной охраны»** проводится исследование факторов, оказывающих влияние на обоснование оптимального размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде. На основе положений приказа МЧС России от 13 января 2025 №19, регламентирующего привлечение сил и средств подразделений пожарной охраны в пожарно-спасательных гарнизонах для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ и положений части 1 статьи 76 Федерального закона от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», дано

описание организации системы реагирования на вызовы в пожарно-спасательных гарнизонах.

Исходя из анализа системы реагирования пожарно-спасательных подразделений и определения потребности в защите от пожаров (терминология соискателя) составлен перечень факторов, оказывающих влияние на выбор оптимального размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде. К ним отнесены такие факторы как:

- время прибытия (зависит от скорости следования пожарных автомобилей и расстояния до объекта защиты (оба параметра определяются по ряду подчиненных условий);
- потребность в защите (зависит от частоты возникновения пожаров и ряда их последствий).

Приводится описание комплекса моделей оценки факторов, влияющих на обоснование оптимального места дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде. Комплекс моделей оценки факторов включает такие модели как:

- модель оценки скоростей следования пожарных автомобилей по дорогам разных категорий;
- модель оценки частоты возникновения пожаров на объектах различного назначения;
- модель оценки последствий от пожаров в зданиях различного назначения (с учетом их классов функциональной пожарной опасности);
- модель оценки потребности в защите зданий населенных пунктов.

Для определения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений к месту вызова предложена модель оценки параметров их реагирования. В основе модели лежит алгоритм поиска кратчайшего пути на размеченном графе, описывающего транспортную сеть населенного пункта. В работе применен алгоритм Эдсгера Дейкстры.

Третья глава **«Гибридные эвристические алгоритмы определения дислокации подразделений пожарной охраны»** посвящена вопросам разработки и применения гибридных эвристических алгоритмов для решения задачи пространственной оптимизации по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде. Приводится классификация и теоретическое обоснование применения эвристических алгоритмов пространственной оптимизации с позиции их вычислительной сложности. Рассмотрены такие задачи пространственной оптимизации как: определение наилучшей дислокации единственного

подразделения; максимальное покрытие 2-мя и более подразделениями, размещение минимального числа подразделений при заданной целевой функции. Определена иерархия решения анализируемых задач пространственной оптимизации. На основе транспортной сети города Красноярска проведено экспериментальное исследование по оценке эффективности анализируемых алгоритмов пространственной оптимизации с позиции определения таких критериев как: точность вычисления; время вычисления.

По результатам проведенного компьютерного моделирования, для каждой из решаемых задач пространственной оптимизации, определены наилучшие алгоритмы, с учетом рассматриваемых критериев их эффективности.

В четвертой главе **«Компьютерная реализация и апробация информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов»** приведено описание архитектуры, информационного и специализированного программного обеспечения разработанной информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде. Дано описание алгоритма поддержки принятия решений по определению числа и мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений), в основе которого лежат гибридные эвристические алгоритмы, применяемые для решения задачи пространственной оптимизации объектов. На ряде крупных городов Российской Федерации (Москва, Новосибирск, Красногорск, Казань, Екатеринбург) проведено компьютерное моделирование на основе разработанной информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде.

Приведены результаты сравнения полученных расчетных данных по применению разработанной в ходе диссертационной работы информационно-аналитической системы с системой КИС «КОСМАС», разработанной специалистами Академии ГПС МЧС России для исследования, экспертизы и проектирования экстренных служб. Результаты компьютерного моделирования совпадают на 95-97 %.

В заключении отражены основные научно-методические и практические результаты диссертационной работы. В **приложениях** представлены копии свидетельств о государственной регистрации программного обеспечения для

ЭВМ, фрагмент программного кода разработанной системы и копии актов внедрения результатов диссертационного исследования.

6. Публикации и программные продукты по диссертационному исследованию

В рамках диссертационного исследования соискателем опубликовано 12 научных работ, из них 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 – в изданиях, входящих в международную систему цитирования (Scopus), 6 – в материалах научно-практических конференций, получено 2 свидетельства Роспатента о государственной регистрации баз данных и программы для ЭВМ. Результаты работы апробировались в форме докладов на научных конференциях и были опубликованы в сборниках научных трудов конференций.

Требования к публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, предусмотренные пунктами 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, соискателем выполнены полностью.

При использовании в работе материалов других исследований соискатель ссылается на них в диссертации.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертационного исследования

Автореферат диссертации дает полное представление о полученных научных и практических результатах диссертационных исследований Малютин О.С. Текст автореферата отражает содержание диссертационной работы.

8. Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования могут быть применены органам управления пожарно-спасательных гарнизонов при принятии решений по оценке эффективности размещения действующих пожарно-спасательных подразделений с позиции выполнения требований части 1 статьи 76 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и требований нормативных документов МЧС России по организации деятельности пожарно-спасательных гарнизонов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ,

а также при обосновании числа и мест дислокации вновь создаваемых подразделений пожарной охраны в населенном пункте с учетом его топологии застройки и особенностей транспортной сети.

9.Замечания по диссертационному исследованию

В качестве замечаний по диссертационной работе Малютин О.С. следует отметить следующее:

- определено, что объектом исследования является система организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов. Вместе с тем, в диссертации рассмотрен только один из вопросов системы организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов – обоснование числа и мест дислокации подразделений пожарной охраны в населенных пунктах. Другим вопросом системы организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов является определение необходимого состава сил и средств пожарной охраны, которые следует разместить в выбранных местах дислокации, с учетом особенностей пожарной опасности объектов защиты. Данный вопрос не отражен в материалах диссертации;

- предложена формула расчета последствий пожаров в зданиях различного класса функциональной пожарной опасности (далее – КФПО) (см. стр. 66 диссертации, формула (2.6) и стр. 9 автореферата, формула (9)). По данной формуле определено, что последствия пожаров рассчитываются исходя из суммирования трех составляющих: нормализованное значение количества погибших при пожарах людей, нормализованное значение количества травмированных при пожарах людей; нормализованное значение количества привлеченной к тушению пожара техники. Нормализация показателей осуществляется путем их деления на максимальное значение, фиксируемое в выборке данных. Таким образом, предложенные в формуле (2.6) диссертации и формуле (9) автореферата исходные показатели для расчета оценочного коэффициента последствий пожаров (w_i) должны быть безразмерные. Вместе с тем, в таблице 2.5 (см. стр. 67 диссертации) рассматриваемые исходные показатели приведены в ненормализованном виде, что противоречит заголовкам граф таблицы 2.5. При этом значение оценочного коэффициента последствий пожаров (w_i) приведено с учетом нормализованных показателей. Данное обстоятельство снижает читаемость таблицы 2.5 и противоречит логике изложения материала;

- в предложенной модели оценки потребности в защите зданий различных КФПО, описываемой формулой (2.7) (см. стр. 68 диссертации) и формулой (10) (см. стр. 14 автореферата) не определены математические условия, при которых данная формула справедлива и имеет физический смысл. Например, при стремлении частот возникновения пожаров к нулю в знаменателе (соответственно, отсутствие последствий пожаров (нет пострадавших, пожарная техника не привлекалась)) возникает неопределенность деления на ноль. Что, соответственно, приведет к неопределенности вычисления значения предложенного в диссертации показателя потребности в защите от пожаров ($M_{\text{спр}}$);

- не вполне ясно как применяется показатель оценки потребности в защите зданий населенных пунктов различных КФПО ($M_{\text{спр}}$), рассчитываемый по формуле (2.7) (см. стр. 68 диссертации) и формуле (10) (см. стр. 14 автореферата) при определении оптимальной дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в населенном пункте с учетом утверждения о том, что он имеет абстрактную размерность (см. раздел 2.4 стр. 70 диссертации). Как данный показатель применяется в целевой функции при решении задачи определения оптимальных мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений)?

10. Общее заключение по диссертационному исследованию

Диссертационная работа Малютин Олега Сергеевича на тему «Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов» соответствует областям исследования паспорта научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки) по пункту 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах» и пункту 11 «Разработка практико-ориентированных технологий управления организационными системами».

Полученные результаты исследования могут быть использованы при подготовке решений органами управления пожарно-спасательных гарнизонов по планированию размещения пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) на территории населенных пунктов.

Диссертация Малютин Олега Сергеевича является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей решение по

созданию информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию числа и мест дислокации пожарных депо (пожарно-спасательных подразделений) в городской среде с использованием современных информационных технологий основанных на методах обработки большого массива исходных данных с применением гибридных эвристических алгоритмов. Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в части требований, предъявляемых к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Малютин Олег Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Отзыв ведущей организации на диссертацию Малютина Олега Сергеевича рассмотрен и одобрен на заседании специалистов научно-исследовательского центра «Организационно-управленческих проблем пожарной безопасности» ФГБУ ВНИИПО МЧС России и отдела «Разработки мероприятий по поддержке принятия решений (ситуационный центр)» ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

На заседании присутствовало 21 специалист в области организации управления пожарно-спасательными гарнизонами, обоснования их ресурсной обеспеченности, пожарной статистики, из них: 1 доктор технических наук, 4 кандидата технических наук.

Протокол заседания № 6 от 20 августа 2025 года.

Отзыв составил:

Главный научный сотрудник
ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
Заслуженный работник пожарной охраны
Российской Федерации,
доктор технических наук

«21» августа 2025 г.



Порошин Александр Алексеевич