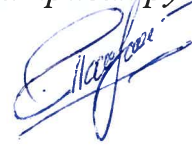


На правах рукописи



Королев Павел Сергеевич

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ
В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Специальность – 2.3.4. Управление в организационных системах
(технические науки)

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Научный руководитель: **Данилов Михаил Михайлович**
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Порошин Александр Алексеевич**
доктор технических наук, заслуженный работник пожарной охраны Российской Федерации, ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, научно-исследовательский центр организационно-управленческих проблем пожарной безопасности, главный научный сотрудник

Балобанов Андрей Александрович
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», кафедра системного анализа и антикризисного управления, доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д.И.Михайлика»

Защита диссертации состоится «30» июня 2026 года в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 04.2.002.01, созданного на базе Академии ГПС МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, зал Диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России и на сайте:

<https://academygps.ru/upload/iblock/0cc/mqr6pqx1x12use0cf0x102undb0mpzi/Диссертация%20Королев%20П.С..pdf>

Автореферат разослан «29» апреля 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации определяет комплексное развитие подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований в соответствии с решаемыми ими задачами, как один из путей реализации государственной политики, направленной на достижение целей обеспечения государственной и общественной безопасности. Согласно Основам государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года «совершенствование управления подразделениями всех видов пожарной охраны, обеспечение их взаимодействия, а также координации их деятельности по поддержанию в необходимой готовности сил и средств оперативного реагирования на пожары» является одним из приоритетных направлений по обеспечению эффективного функционирования пожарной охраны России.

С ростом производственных сил и их сосредоточением в крупных городах, возникает необходимость в развитии транспортной, коммуникационной и технологической инфраструктуры городов. Роль подземных сооружений в современной жизни мегаполиса хорошо видна на примере строительства и развития сети метрополитенов, которая позволяет удовлетворить постоянно растущую потребность городов в эффективной транспортной системе. Соответственно, с ростом инфраструктуры растет необходимость совершенствования обеспечения пожарной безопасности, в том числе и управления в организационной системе пожаротушения.

При тушении пожаров в подземных сооружениях (далее – ПС) пожарно-спасательные подразделения (далее – ПСП) сталкиваются с рядом осложняющих факторов. Проведено исследование параметров и условий, сопутствующих процессу выработки и реализации управленческих решений, которые включают: условия принятия решений при управлении ПСП на месте пожара в ПС, параметры пожара в ПС; особенности управления участниками тушения пожара, а также управленческой деятельности руководителя тушения пожара при тушении пожаров в ПС; особенности взаимодействия ПСП с аварийными службами эксплуатирующих организаций и города при пожаре в ПС.

Разработка моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров и их внедрение позволяет учесть вышеописанные параметры и условия. Применение разработанных моделей и алгоритмов позволяет значительно повысить эффективность управления ПСП и организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций и, следовательно, сократить время выполнения основной боевой задачи на пожаре.

Степень разработанности темы. Фундаментальным базисом научного исследования являются теоретические положения управления в организационных системах, разработанные В.Н. Бурковым и Д.А. Новиковым. В создание, развитие и совершенствование методов, моделей и алгоритмов решения задач управления при тушении пожаров, поддержки принятия решений

при пожарах и чрезвычайных ситуациях, включая расчетно-аналитические и математические методы внесли значительный вклад отечественные и зарубежные ученые: Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Б.М. Пранов, Е.А. Мешалкин, Н.Г. Топольский, А.Н. Денисов, А.В. Матюшин, В.Л. Семиков, А.А. Порошин, Д.В. Тараканов, В.Б. Коробко, Ю.В. Прус, А.Н. Членов, Я.С. Повзик, М.М. Данилов, В.М. Климовцов, К.С. Власов и др. Вопросы решения задач управления тушением пожаров и разработки моделей, направленных на совершенствование пожаротушения рассматривались не только в Российской Федерации, но и в других странах, исследователями из Германии (П. Вагнер, Д. Хане, С. Рем, Д. Брейн, Г. Шрёдер), Швеции (А. Пальм, М. Кумм, А. Сторм, А. Лённермар), Китая (С. Ву, С. Чжан, И. Цзян, С. Хуанг, Д.Г.К. Хуанг, Б. Сун, Ф. Ян, С. Цянь, П. Хуанг), Греции (А. Каллианиотис, Д. Папаконстантину, И.Т. Толиас, А. Бенардос), Египта (М.М. Барсим, М.А. Бассили, Х.М. Эль-Батш, Я.А. Рихан, М. Шериф). Однако, в работах авторов не было уделено внимания вопросам поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС. Поэтому, решаемая в диссертации научная задача заключается в повышении оперативности принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и службами эксплуатирующих объекты организаций при тушении пожаров в ПС.

Объект исследования – процесс управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров в подземных сооружениях во взаимодействии с аварийными службами города и эксплуатирующих объект организаций.

Предмет исследования – модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях.

Цель исследования: повышение оперативности принятия управленческих решений при организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций при тушении пожаров в подземных сооружениях.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе необходимо решить следующие **научные задачи**:

1. Провести комплексный анализ процесса принятия управленческих решений в организационной системе пожаротушения при тушении пожара в ПС.

2. Разработать:

модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий пожарно-спасательных подразделений;

иерархическую модель организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций на месте пожара в подземных сооружениях.

3. Разработать алгоритмы:

поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в ПС;

поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций на месте пожара.

4. Провести обоснование моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях.

Научная новизна диссертации заключается в получении следующих научных результатов:

модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий ПСП, отличающаяся от существующих возможностью осуществления ранжирования критериев выбора управленческой альтернативы на основе идентификации граничных условий пожаротушения в ПС;

иерархическая модель организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара в ПС, отличающаяся от существующих учетом возникающих граничных условий пожаротушения при формировании оптимальной структуры организации взаимодействия на месте пожара;

алгоритмы поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в ПС и поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара, основным отличием от существующих алгоритмов является возможность получения исходной информации о необходимом оптимальном количестве сил, средств ПСП и оптимальной организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организации для тушения пожара в ПС.

Теоретическая значимость заключается в использовании разработанных моделей и алгоритмов в научной среде, а также в расширении границ применения положений теории управления в области поддержки принятия управленческих решений и решения задач управления в организационной системе пожаротушения при тушении пожара в ПС.

Практическая значимость:

Для профессиональной среды заключается: в реализации результатов в оперативно-служебной деятельности структурных подразделений МЧС России; в реализации разработанных моделей и алгоритмов для повышения эффективности разрабатываемых планирующих документов пожарно-тактически учений, документов предварительного планирования действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в организациях, использующих документы предварительного планирования действий по тушению пожаров; в реализации разработанных моделей и алгоритмов для повышения эффективности анализа действий ПСП на произошедших пожарах, а также организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожаров в ПС; в пожарно-тактической экспертизе действий ПСП по тушению пожаров в ПС.

Для образовательной среды заключается: в повышении культуры безопасности при формировании и выборе альтернатив управленческих решений при проведении практических тренировок, написании курсовых проектов, проведении пожарно-тактических учений и пожарно-тактических занятий.

Для научной среды заключается: в определении особенностей принятия решений применительно к аналогичным объектам. Результаты исследования содержат научно-обоснованное решение задачи поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций при тушении пожаров в ПС. Использование результатов может служить ориентиром для проведения дальнейших научных исследований и получения актуальных результатов в области решения задач управления пожаротушением.

Методология и методы исследования – для решения поставленных задач были использованы следующие основные методы исследования: иерархического управления структурой и составом организационных систем; графической оценки; анализа систем; анализа иерархий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий пожарно-спасательных подразделений;

2. Иерархическая модель организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций на месте пожара в подземных сооружениях;

3. Алгоритм поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в подземных сооружениях;

4. Алгоритм поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций на месте пожара.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов исследования обеспечивается применением апробированного математического аппарата; строгим обоснованием основных теоретических положений и утверждений; применением научных и обоснованных методов теории управления организационными системами; непротиворечивостью и согласованностью результатов работы с результатами, полученными другими авторами; апробацией результатов исследования на всероссийских и международных научно-практических конференциях; публикацией результатов исследования в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК России).

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на Всероссийской научно-практической конференции «Школа молодых ученых и специалистов МЧС России – 2018» (Москва, 2018 г.); Международной научно-практической конференции «Гражданская оборона на страже мира и безопасности» (Москва, 2020 г.); Международной научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания «Мой город готовится»: задачи, проблемы, перспективы» (Воронеж, 2020 г.);

Международной научно-практической конференции «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России: Теория. Инновации. Практика» (Москва, 2023 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях» (Москва, 2023 г.); III Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Кибернетика, информатика, аналитика: модели, инструменты методы» (Донецк, 2024 г.); X Международной научно-практической конференции «Современные исследования: теория, практика, результаты» (Москва 2024 г.), XXXV Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации» (Москва 2025 г.).

Внедрение результатов исследования:

Результаты диссертационной работы внедрены:

В образовательный процесс кафедры пожарной тактики и службы (в составе УНК пожаротушения) Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по направлению подготовки 38.04.04 «Государственное и муниципальное управление» по дисциплине «Управление силами и средствами при тушении пожаров».

При планировании действий ПСП по тушению пожаров в ПС, проведению тренировок и пожарно-тактических учений, в том числе совместных учений по взаимодействию ПСП с аварийными службами и эксплуатирующими объекты организациями при тушении пожаров в ПС в Главном управлении МЧС России по Чукотскому автономному округу.

При проведении пожарно-тактических учений и взаимодействии ПСП с аварийными службами города и службами эксплуатирующих объекты организаций при тушении пожаров в ПС в Главном управлении МЧС России по Кемеровской области – Кузбассу.

В деятельности ООО «МНИЦ С И ПБ» при разработке и обосновании мероприятий по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара в ПС.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 14 научных работ, в том числе 4 научных работы в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора. Выносимые на защиту положения разработаны лично автором. В совместных публикациях результаты, связанные с разработкой моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС, а также идентификацией граничных условий пожаротушения в ПС получены автором лично.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 240 страниц, включая 67 рисунков, 33 таблицы, 3 приложения и список литературы из 191 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель, задачи, объект и предмет исследования. Показана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость. Представлены положения, выносимые на защиту и сведения о внедрении и апробации результатов исследования.

В первой главе «Анализ процесса принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях» проведен комплексный анализ процесса принятия управленческих решений руководителем тушения пожара при тушении пожара, проведен анализ существующих методов, моделей, алгоритмов и решений в области поддержки управления ПСП, а также организации взаимодействия на месте пожара с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожара в ПС.

Проведенный анализ показателей управления пожаротушением, ретроспективных данных о пожарах в ПС (Рисунки 1,2) и возникающих граничных условий тушения пожара в ПС (Рисунок 3) показал, что вопросы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС и организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на пожаре, являются неисследованными и их решение является одним из направлений повышения эффективности принимаемых решений руководителем тушения пожара (далее – РТП) при управлении ПСП, участвующими в тушении пожаров в ПС.

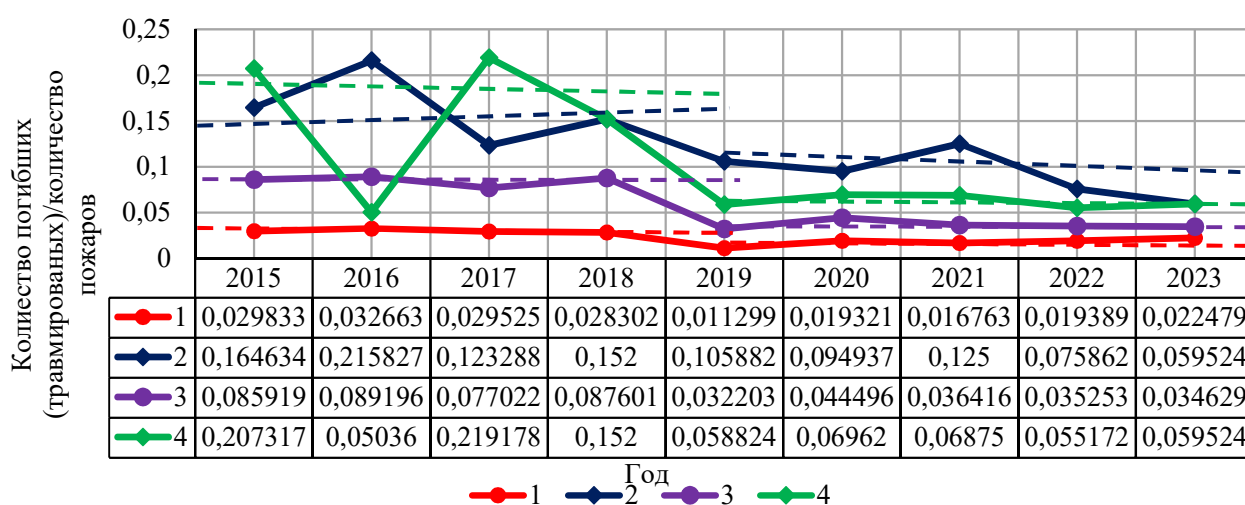


Рисунок 1 – Отношение погибших и травмировавшихся на пожарах в ПС к количеству пожаров в период с 2015 по 2023 год. Где: 1 – отношение погибших к количеству пожаров в подвалах, 2 – отношение травмировавшихся к количеству пожаров в подвалах, 3 – отношение погибших к количеству пожаров в коллекторах и коммуникационных тоннелях, 4 – отношение травмировавшихся к количеству пожаров в коллекторах и коммуникационных тоннелях

Использование современных моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара позволяет принимать научно-обоснованные решения с приемлемым, для каждой отдельной сложившейся обстановки на пожаре, уровнем риска, что способствует снижению субъективности принятых решений и повышению эффективности результатов

решения задач управления. Однако данные модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС ранее не разрабатывались.

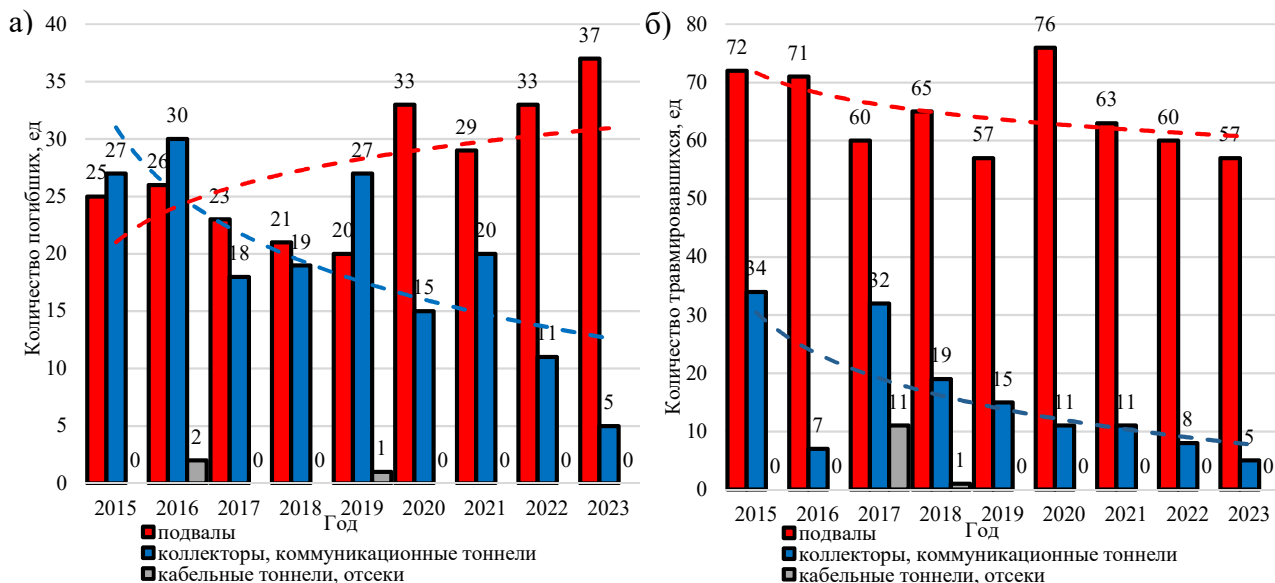


Рисунок 2 – Количество погибших (а) и травмированных (б) на пожарах в ПС в период с 2015 по 2023 год



Рисунок 3 – Группы граничных условий при пожаре в ПС

На основе выполненного анализа поставлены задачи исследования, решение которых позволит осуществить повышение оперативности принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций при тушении пожаров в ПС.

Во второй главе «Разработка моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях» исследованы параметры и условия, сопутствующие процессу выработки и реализации управленческих решений (условия принятия решений при управлении ПСП на месте пожара в ПС, параметры пожара в ПС, условия управления участниками тушения пожара, условия взаимодействия с аварийными службами эксплуатирующих организаций и города при пожаре в ПС и др.), формализация которых позволила разработать новую модель в параметрах комплексной системы деятельность РТП по управлению тушением пожара в ПС.

Установленные в ходе анализа параметры и условия использованы при построении моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС как граничные условия пожаротушения.

Разработана модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий ПСП.

Сценарии пожара в идентифицированных граничных условиях пожаротушения являются набором альтернатив, доступных лицу, принимающему решения (далее – ЛПР). Формализация набора альтернатив управления при тушении пожара в ПС осуществлена на основе параметров, характеризующих показатели управления при тушении пожара в ПС. Для осуществления выбора наиболее рациональной альтернативы используется ранжирование условий выбора управленческих альтернатив на основе метода анализа иерархий. Проверка обоснованности выбранных альтернатив управления осуществляется путем оценки их надежности в разработанной модели (Рисунок 4).

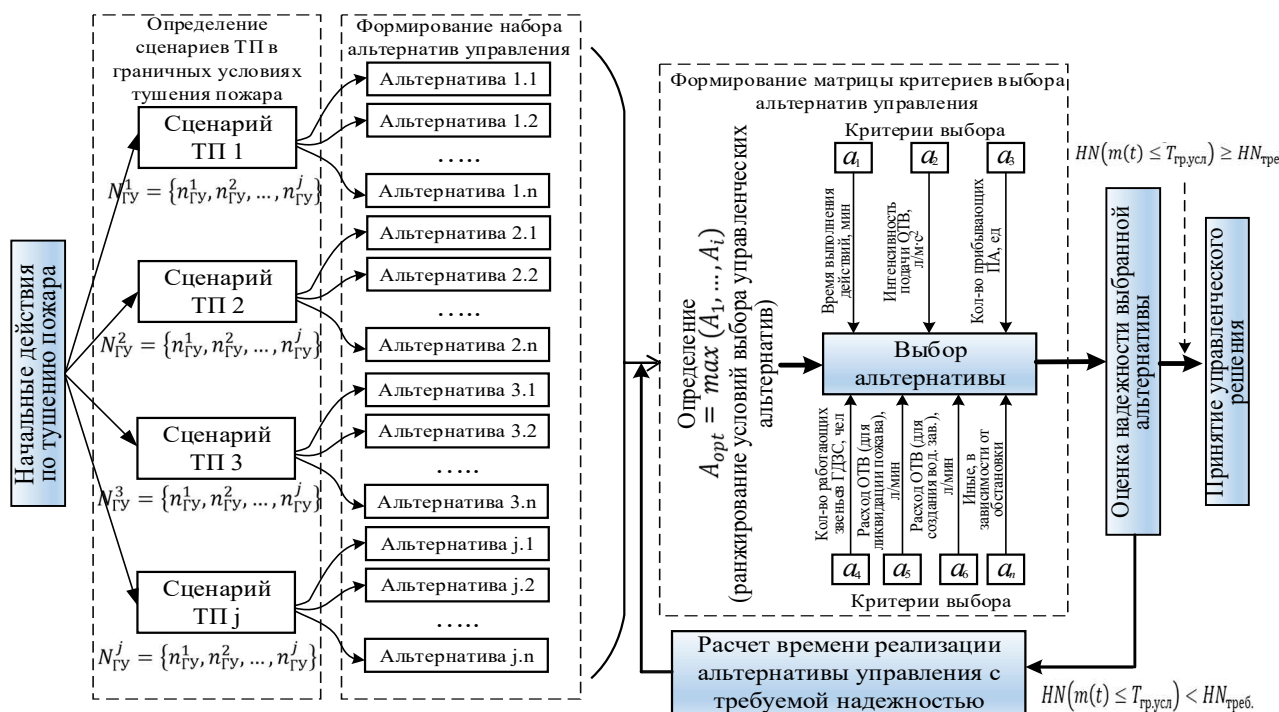


Рисунок 4 – Модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий ПСП. $N_{Гу}^j$ – множество граничных условий пожаротушения в ПС, A_{opt} – наиболее рациональная альтернатива управления в ПС определяемая на основе ранжирования, a_n – критерий выбора альтернатив управления, $HN(m(t) \leq T_{гр,усл}) \geq HN_{треб}$ - условие надежности выбранных альтернатив

Для осуществления ранжирования условий выбора управленческих альтернатив, необходимо опираться на граничные условия, описанные в диссертации. Исходя из проведенного анализа нормативных документов и существующих научных исследований приведены диапазоны значений параметров $N_{Гу}^j = \{n_{Гу}^1, n_{Гу}^2, \dots, n_{Гу}^j\}$, определяющих граничные условия пожаротушения.

Для решения поставленной задачи необходимо осуществить формирование структурированной выборки исходных данных, применимых для осуществления

моделирования. Исходя из анализа ретроспективных данных и формирования на его основе структурированной выборки, проведена формализация процесса тушения пожара. Каждое состояние системы C_i тушения пожара в ПС, из приведенных выше, характеризуется параметрами, отражающими состояние системы в определенный момент времени (Рисунок 5). Данные параметры можно описать как совокупность следующих фактических значений:

$$C_i = \begin{cases} T_{\text{общ}} = \sum_{j=1}^n \tau_j, i = j + 1 \\ Q_{\text{ф.лок}} = \sum_{k=1}^m q_{\text{ств.лок}k} \cdot n_{\text{ств.лок}k} \\ Q_{\text{ф.зав}} = \sum_{l=1}^m q_{\text{ств.зав}l} \cdot n_{\text{ств.зав}l} \\ I_{\text{ф.лок}} = \frac{Q_{\text{ф.лок}}}{S_T} \\ q_{\text{уд}}^{\text{ф}} = \frac{\sum_{k=1}^m q_{\text{ств.лок}k} \cdot t_{pk}}{S_{\text{ллок}}} \\ N_{\text{ПА}} = \sum_{x=1}^m n_{\text{ПСП}x} \\ N_{\text{АС}} = \sum_{z=1}^m n_{\text{Ав.бриг.}z} \end{cases}, \quad (1)$$

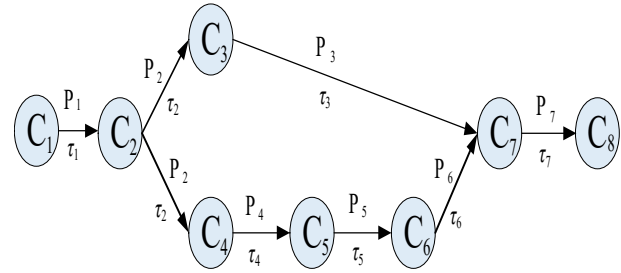


Рисунок 5 – Пример ориентированного графа реализации событий на пожаре в ПС

где $T_{\text{общ}}$ – общее время выполнения работ, мин; $Q_{\text{ф.лок}}$ – фактический расход подачи огнетушащего вещества (далее – ОТВ) на тушение пожара, л/с; $q_{\text{ств.лок}k}$, $n_{\text{ств.лок}k}$ – расход и количество приборов подачи ОТВ на тушение пожара, л/с; $Q_{\text{ф.зав}}$ – фактический расход подачи ОТВ для создания водяной завесы, л/с; $q_{\text{ств.зав}l}$, $n_{\text{ств.зав}l}$ – расход и количество приборов подачи ОТВ для создания водяной завесы, л/с; $I_{\text{ф.лок}}$ – фактическая интенсивность подачи ОТВ для тушения пожара, л/с·м²; S_T – площадь тушения пожара, м²; $q_{\text{уд}}^{\text{ф}}$ – удельный фактический расход ОТВ для тушения пожара, л/м²; t_{pk} – время подачи ОТВ каждым прибором подачи ОТВ, мин; $S_{\text{ллок}}^{\text{лок}}$ – площадь локализации пожара, м²; $N_{\text{ПА}}$ – количество пожарной техники, прибывшей к месту тушения пожара; $n_{\text{ПСП}x}$ – количество пожарной техники, прибывшей к месту тушения пожара по ее типам (автоцистерна, автонасос и тд.); $N_{\text{АС}}$ – количество аварийных бригад служб города и эксплуатирующих объект организаций, прибывших к месту тушения пожара; $n_{\text{Ав.бриг.}z}$ – количество аварийных бригад служб города и эксплуатирующих объект организаций, прибывших к месту тушения пожара по их назначению (водоканал, аварийная газовая служба, службы эксплуатации коммуникационных сооружений и тд.). P_i – работа на пожаре, τ_i – время ее выполнения, мин.

В целях определения иерархического представления граничных условий тушения пожара в ПС, применен метод анализа иерархий на основе декомпозиции рассматриваемой цели на более простые части и их обработки с помощью парных сравнений. Сопоставляя значение каждого из условий со значениями условий выбора других альтернатив определяются глобальные приоритеты альтернатив управления при тушении пожаров в ПС:

$$A_l = \sum_{l=1}^n (z_{nm} \cdot y_{kr}), \quad (2)$$

$$A_{\text{opt}} = \max(A_1, \dots, A_l), \quad (3)$$

где z_{nm} – значения каждого n -го критерия приоритетов альтернатив управления при тушении пожаров в ПС (рассчитываются по каждому из критериев выбора m);

y_{kr} – значения оценок ранжирования альтернатив управления k при тушении пожаров в ПС (рассчитываются для каждого критерия ранжирования альтернатив r).

Оценка надежности альтернативы управления при тушении пожара в ПС:

$$HN(m(t) \leq T_{гр.усл}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{T_{гр.усл} - m(t)}{\sigma(M)}\right), \quad (4)$$

где $T_{гр.усл}$ – временные значения параметров граничных условий, мин;

$\Phi - \Phi(z)$, значения функции Лапласа;

$m(t)$ – сумма значений математических ожиданий времени реализации действий ПСП на этапах тушения пожара для всего процесса тушения пожара в ПС (на основе ретроспективных данных о произошедших пожарах в ПС);

$\sigma(M) = \sqrt{\sigma^2(M)}$, $\sigma^2(M)$ – сумма значений дисперсий времени реализации действий ПСП на этапах тушения пожара для всего процесса тушения пожара в ПС.

Таблица 1 – Классификация уровней надежности реализации альтернативы управления тушения пожара в ПС

Маркировка	1	2	3	4	5
Значения для $HN(m(t) \leq T_{гр.усл})$	$HN = 0,5$	$0,65 > HN > 0,5$	$0,8 > HN \geq 0,65$	$0,95 > HN \geq 0,8$	$HN \geq 0,95$
Уровень	Оч. слабый	Слабый	Средний	Высокий	Оч. высокий

Разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в ПС (Рисунок 6).

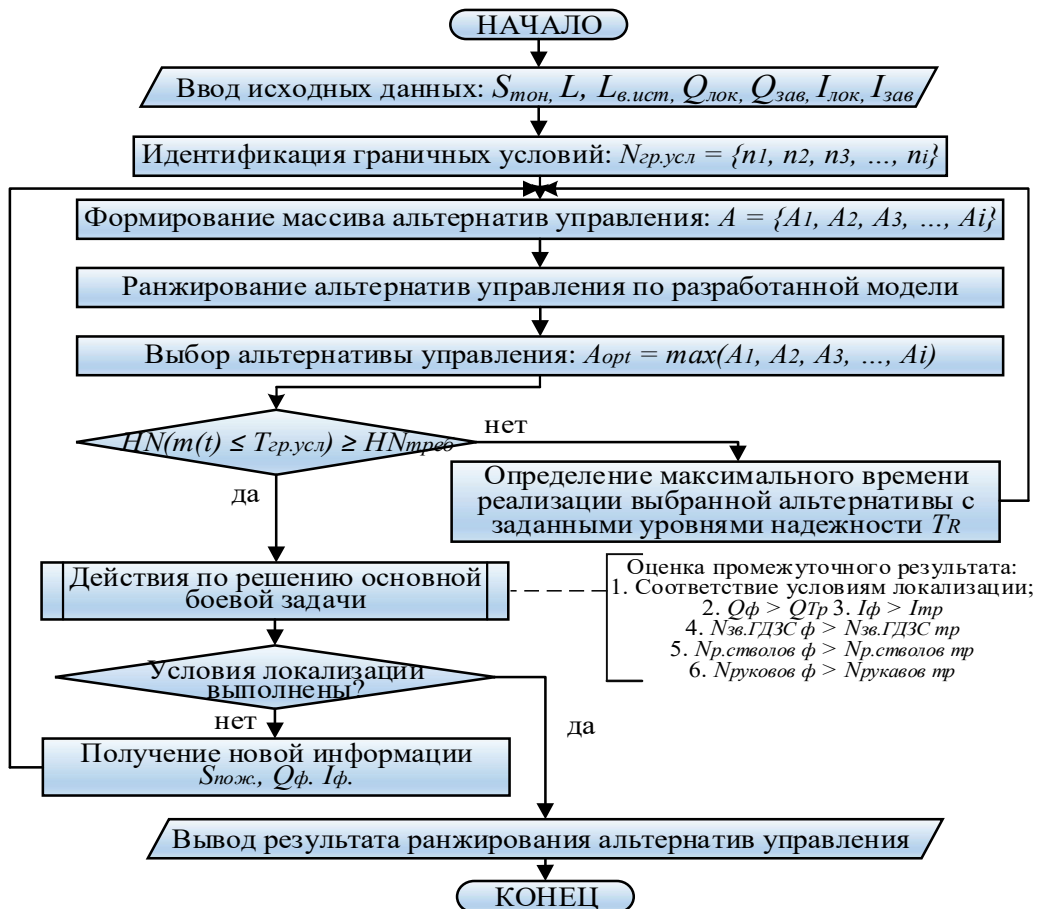


Рисунок 6 – Алгоритм поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в ПС

Формирование массива управленческих альтернатив A осуществляется на основании алгоритма определения сил и средств ПСП для тушения пожара в ПС (Рисунок 7).

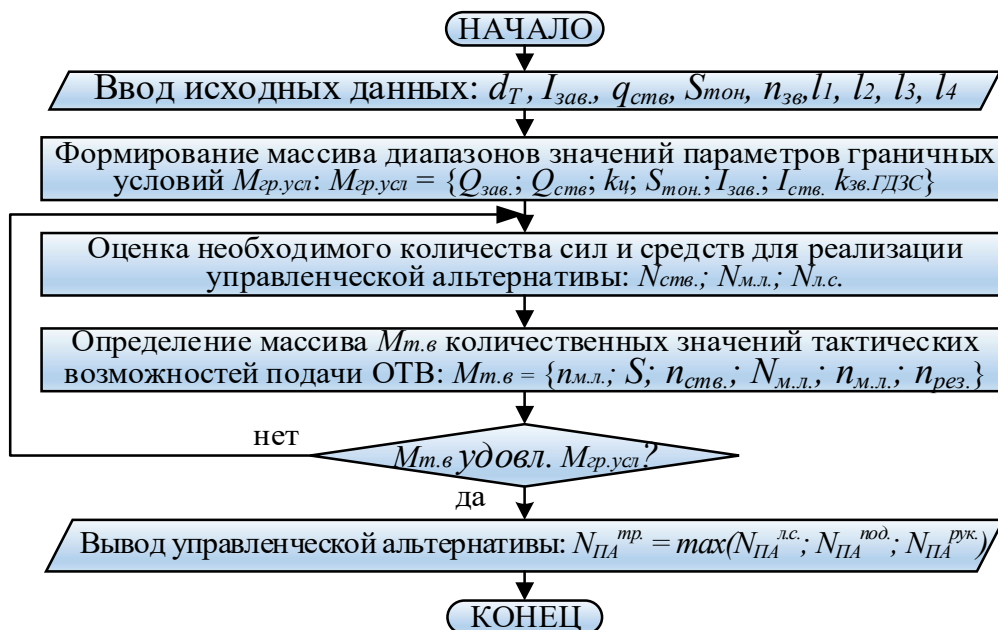


Рисунок 7 – Алгоритм определения сил и средств ПСП для тушения пожара при тушении пожаров в ПС

ЛПР имеет возможность применять данный алгоритм для решения задач управления при планировании действий по тушению пожара в ПС, а также штаб пожаротушения для выработки направления тактических действий в граничных условиях пожаротушения при тушении пожара в ПС.

Разработана иерархическая модель организации ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара в ПС (Рисунок 8).

Взаимодействие РТП с аварийными службами эксплуатации объекта, на котором осуществляется тушение пожара, службами города и ФОИВ происходит в рамках складывающейся оперативной обстановки и на определенной территории. Таким образом, представлена последовательность действий ПСП и аварийных служб на месте пожара в ПС как дискретное множество времён:

$$T = \{\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k\}, \quad (5)$$

где $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k$ – отрезки времен, обозначающие время на выполнение операций, представленных на этапах тушения пожара.

Определено состояние системы решения задачи управления СиС на месте пожара в ПС следующим массивом множеств:

$$S(\tau) = \{N_{Гу}^j, O(\tau), D(\tau), M(C_i)\}, \quad (6)$$

где $N_{Гу}^j$ – набор (множество) идентифицированных граничных условий пожаротушения в ПС (в том числе количество привлекаемых сотрудников, взаимодействующих на месте пожара организаций);

$O(\tau), D(\tau)$ – множества функций решения задачи управления составом системы на месте пожара в ПС;

$M(C_i)$ – множество показателей, характеризующих состояние системы пожаротушения на месте пожара в ПС (например, количество пожарной техники, звеньев ГДЗС, напорных рукавов для прокладки рабочих и магистральных линий, расход и интенсивность подачи огнетушащего вещества и т.д.).

$$O(\tau) = \{x(0), F(SH), F(SH, \emptyset), \tau_k\}, \quad (7)$$

$$D(\tau) = \{x(\tau), F(SH), F(SH, SH_0), i(\tau_k)\}. \quad (8)$$

Массив действий, направленных на организацию взаимодействия в граничных условиях, является формализованным описанием изменяющейся системы управления взаимодействием на месте пожара в ПС за отрезок времени τ_k . Допустим, что в момент времени $\tau_k = 0$ система находится в состоянии $x(0)$, тогда при решении задачи управления составом системы $F(SH)$ (первоначально решается задача формирования состава штаба пожаротушения $F(SH, \emptyset)$) система оказывается в состоянии $x(\tau)$, которое характеризуется параметрами C_i . Далее решается задача оптимизации состава штаба пожаротушения (при необходимости) $F(SH, SH_0)$, что позволяет перейти через временной интервал $i(\tau_k) = \tau_k + t_i$, где t_i – необходимое время на решение каждой последующей задачи, к следующему состоянию системы взаимодействия на месте пожара в ПС с учетом новых данных об обстановке на месте пожара.

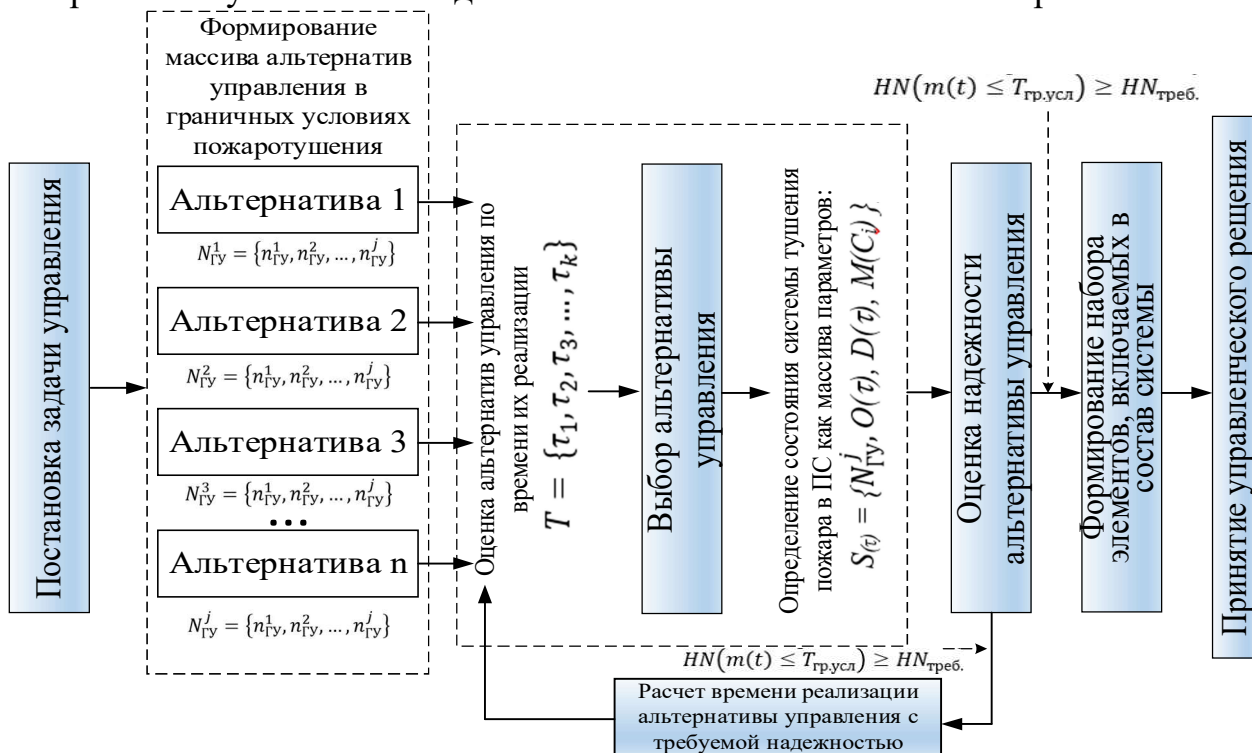


Рисунок 8 – Модель (иерархическая) организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара в ПС.

$N^j_{гв}$ – множество граничных условий пожаротушения в ПС, T – множество времен, описывающее последовательность действий ПСП на месте пожара, $S(\tau)$ – состояние системы решения задачи управления по организации взаимодействия с аварийными службами на месте пожара в ПС, $HN(m(t) \leq T_{гр.усл}) \geq HN_{треб.}$ – условие надежности выбранных альтернатив управления

Например, элементами системы взаимодействия, в зависимости от складывающейся обстановки, могут выступать: ПСП, службы федеральных

органов исполнительной власти (ГИБДД, СМП и др.), аварийные и эксплуатационные службы города (такие как водоканал, аварийная газовая служба, службы эксплуатации коммуникационных сооружений, электросетевые компании и др.), аварийные и дежурные службы эксплуатирующей организации (дежурный инженер, дежурный электрик, дежурный сантехник и др.).

Проведено моделирование времени завершения событий T для сценариев тушения пожаров на этапах (первый этап – от сообщения о пожаре до подачи первого ствола на тушение пожара, представлен сценариями 1, 3, 5, второй этап – от подачи первого ствола на тушение пожара до создания условий локализации пожара, представлен сценариями 2, 4, 6) и организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующих объект организаций при тушении пожара в ПС на основании разработанной модели, результаты моделирования, представлены на Рисунке 9.

Произведена оценка надежности альтернатив управления при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующих объекты организаций на месте пожара в ПС (Таблица 2).

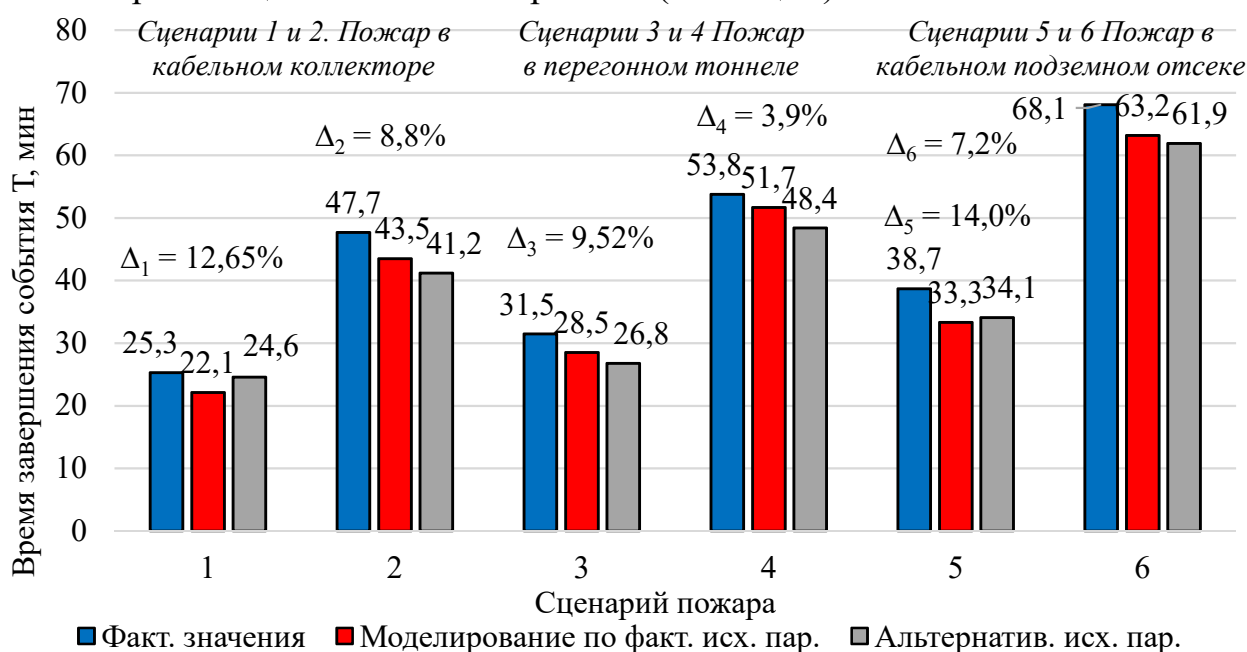


Рисунок 9 – Время завершения событий T для моделируемых сценариев тушения пожара в ПС

Таблица 2 – Результаты оценки надежности для моделируемых альтернатив

№ п/п	№ сценария	Альтернатива	$HN(m(t) \leq T_{гр.усл})$	Интервал HN	№ п/п	№ сценария	Альтернатива	$HN(m(t) \leq T_{гр.усл})$	Интервал HN
1.	1	1.1	0,946	$HN \geq 0,95$	10.	4	4.1	0,967	$0,95 > HN \geq 0,8$
2.		1.2	0,968	$HN \geq 0,95$	11.		4.2	0,954	$HN \geq 0,95$
3.		1.3	0,952	$HN \geq 0,95$	12.		4.3	0,972	$HN \geq 0,95$
4.	2	2.1	0,944	$0,95 > HN \geq 0,8$	13.	5	5.1	0,952	$0,95 > HN \geq 0,8$
5.		2.2	0,963	$HN \geq 0,95$	14.		5.2	0,960	$HN \geq 0,95$
6.		2.3	0,982	$HN \geq 0,95$	15.		5.3	0,912	$0,95 > HN \geq 0,8$
7.	3	3.1	0,955	$HN \geq 0,95$	16.	6	6.1	0,797	$0,8 > HN \geq 0,65$
8.		3.2	0,961	$HN \geq 0,95$	17.		6.2	0,926	$0,95 > HN \geq 0,8$
9.		3.3	0,968	$HN \geq 0,95$	18.		6.3	0,948	$0,95 > HN \geq 0,8$

Расхождение результатов моделирования (использовались фактические исходные параметры) и фактических значений (ретроспективных данных) составило 9,35%, при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,9734$, что подтверждает правильность описания модели и корреляцию между фактическими значениями и значениями, полученными по средствам модели. Также, можно сделать вывод о достаточной надежности принимаемых альтернатив управления. Однако, при увеличении количества включаемых элементов в систему взаимодействия при тушении пожара в ПС происходит увеличение времени реализации моделируемых событий. Тем не менее, ЛПР имеет возможность выбрать альтернативу управления при тушении пожаров в ПС из формируемого набора с достаточным уровнем надежности.

Разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара в ПС (Рисунок 10).

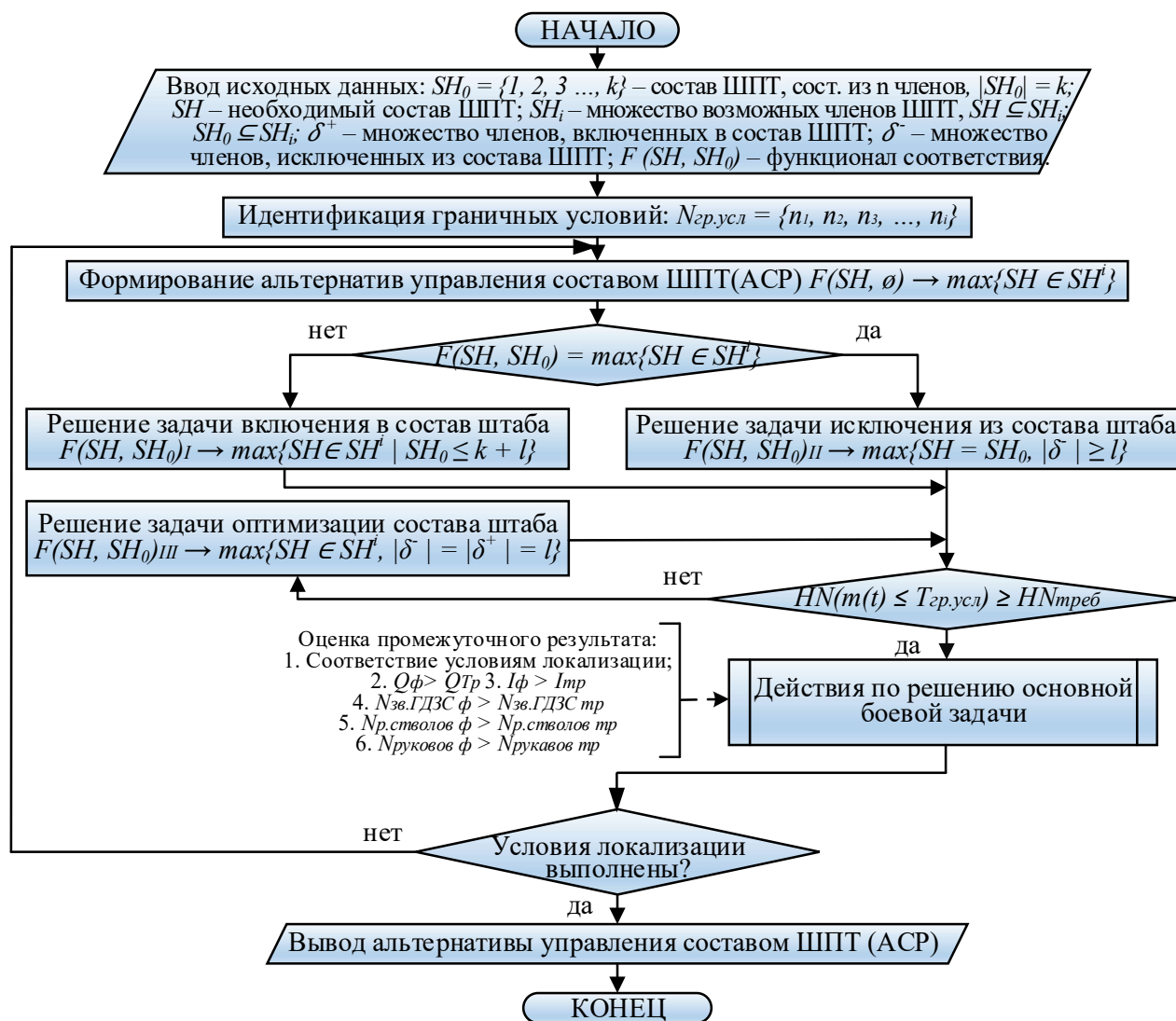


Рисунок 10 – Алгоритм поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия пожарно-спасательных подразделений с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара.

АСР – аварийно-спасательные работы, ШПТ – штаб пожаротушения

Разработанный алгоритм применим при осуществлении предварительного планирования тушения пожара, организации взаимодействия с аварийными службами эксплуатирующих объекты организаций и города, при отработке планов и карточек тушения пожаров, проведении тренировок ПСП, пожарно-тактических занятий и учений.

В третьей главе «Обоснование моделей поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в подземных сооружениях» по результатам проведенного моделирования на этапах тушения пожара посредством модели поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив получены значения, характеризующие альтернативы управления, и проведено их сопоставление с рассматриваемым примером (Рисунок 11 и Таблица 3).

Отклонение прогнозных значений времени реализации моделируемых альтернатив управления от моделируемого примера составляет от 8,41 % до 10,42 % в меньшую сторону. Таким образом, среднее значение отклонения составляет 9,62 %, что говорит о повышении оперативности принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС.

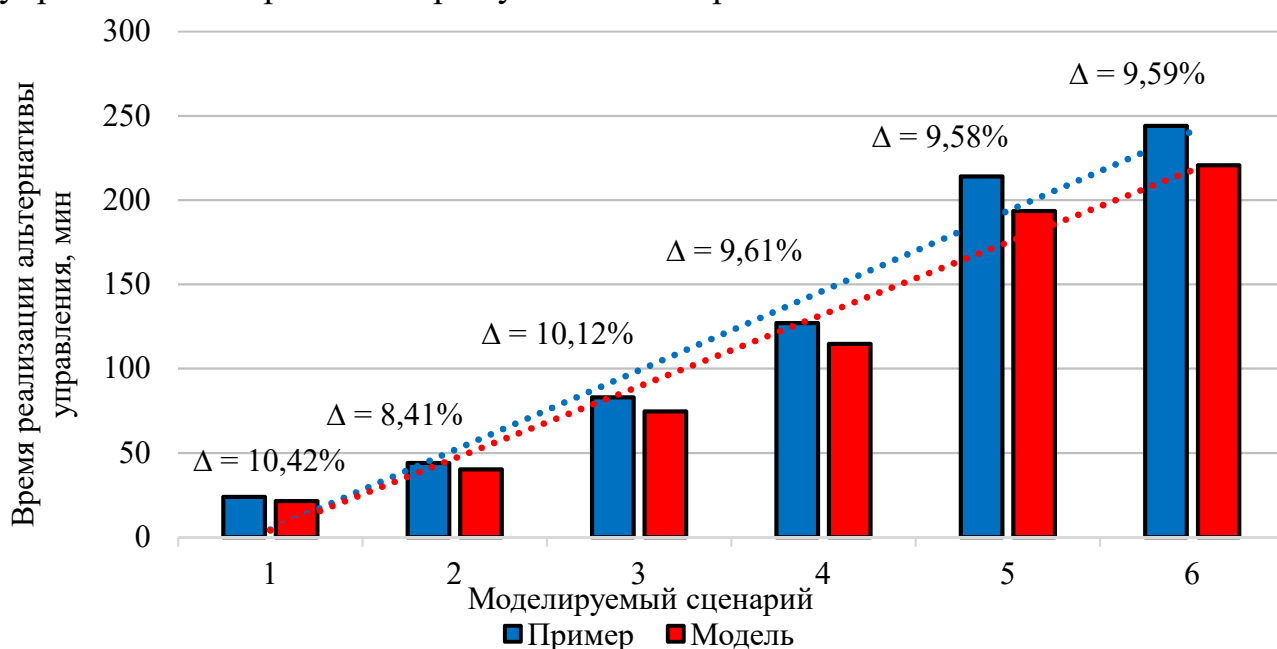


Рисунок 11 – Сопоставление результатов моделирования альтернатив управления

Таблица 3 – Результаты оценки надежности альтернатив управления на этапах тушения пожара в ПС

№ п/п	Сценарий	$T_{\text{прим}}$, мин	$T_{\text{альт}}$, мин	ΔT , мин	$HN(m(t) \leq T_{\text{гр, усл}})$	Интервал HN
1.	Сценарий № 1	24,0	21,5	2,5	0,967	$HN \geq 0,95$
2.	Сценарий № 2	44,0	40,3	3,7	0,978	$HN \geq 0,95$
3.	Сценарий № 3	83,0	74,6	8,4	0,954	$HN \geq 0,95$
4.	Сценарий № 4	127,0	114,8	12,2	0,961	$HN \geq 0,95$
5.	Сценарий № 5	214,0	193,5	20,5	0,943	$0,95 > HN \geq 0,8$
6.	Сценарий № 6	244,0	220,6	23,4	0,932	$0,95 > HN \geq 0,8$

Состояние системы тушения пожара, а также динамика сосредоточения сил и средств ПСП, аварийных бригад и прибытия личного состава ПСП в моделируемом сценарии представлена (9) и на Рисунке 12.

$$C_6^{(прим)} = \begin{cases} T_{общ} = 244 \text{ мин} \\ Q_{ф.лок} = 15,2 \text{ л/с} \\ Q_{ф.зав} = 2,7 \text{ л/с} \\ I_{ф.лок} = 0,31 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 \\ q_{уд}^{\phi} = 372 \text{ л/м}^2 \\ N_{ПА} = 10 \text{ ед.} \\ N_{АС} = 12 \text{ ед.} \end{cases}, \quad C_6^{(альт)} = \begin{cases} T_{общ} = 220,6 \text{ мин} \\ Q_{ф.лок} = 10,7 \text{ л/с} \\ Q_{ф.зав} = 2,7 \text{ л/с} \\ I_{ф.лок} = 0,218 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 \\ q_{уд}^{\phi} = 270 \text{ л/м}^2 \\ N_{ПА} = 8 \text{ ед.} \\ N_{АС} = 12 \text{ ед.} \end{cases} \quad (9)$$

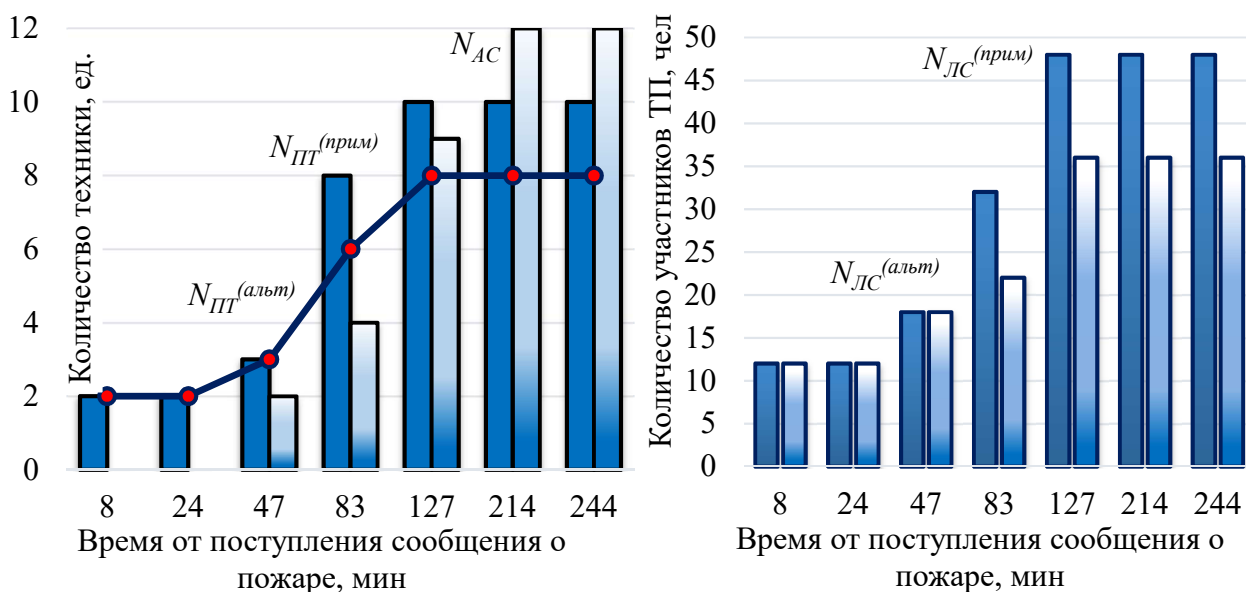


Рисунок 12 – Динамика сосредоточения ПСП, аварийных бригад и прибытия личного состава ПСП в моделируемом примере

Характерными особенностями управления СиС при тушении пожара в ПС, выявленными в результате обоснования и необходимыми в учете при проведении моделирования действий ПСП при тушении пожара в ПС являются:

до непосредственного момента проведения разведки в непригодной для дыхания среде (далее – НДС) нет информации и/или недостаточная информация о точном расположении места очага пожара в ПС;

не известна и/или недостаточная информация о протяженности маршрутов ввода СиС для тушения пожара в ПС;

отсутствует и/или недостаточная информация, необходимая для оптимального выбора места входа звеньев ГДЗС в НДС.

Разработанный программный модуль поддержки принятия решений при тушении пожаров в подземных сооружениях позволяет ЛПР решить задачу управления, состоящую в принятии решения о необходимости привлечения дополнительных сил и средств пожарной охраны к месту пожара в ПС, а также формирования необходимого количества сил и средств на этапах тушения пожара. Последовательность решения задачи управления приведена на Рисунке 13.

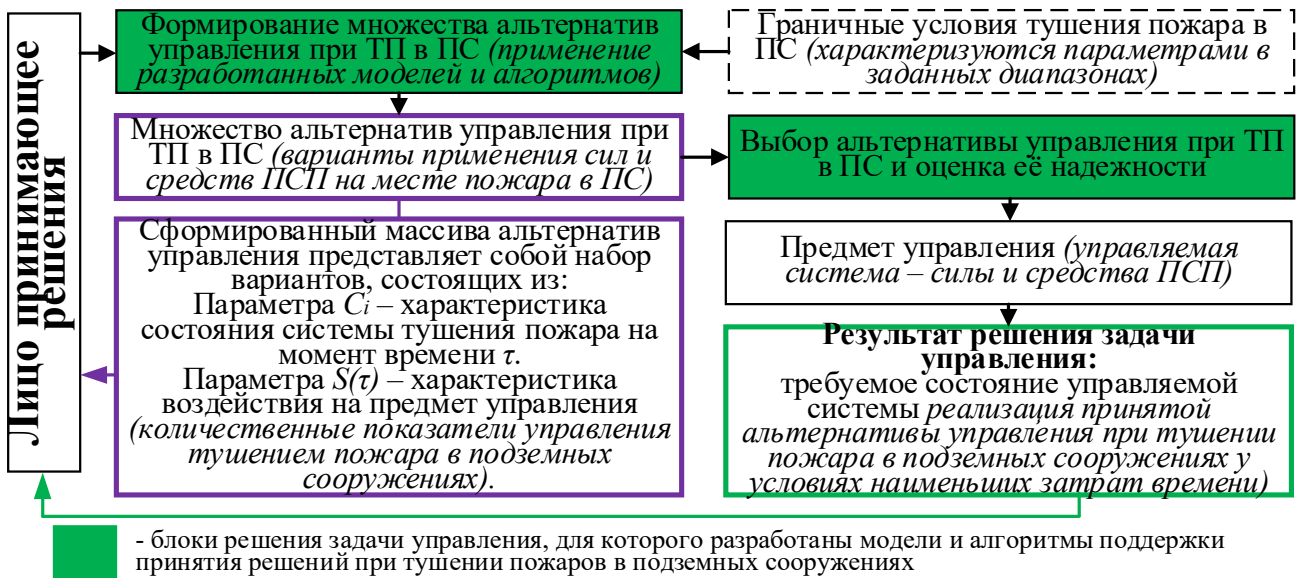


Рисунок 13 – Последовательность решения задачи управления при тушении пожаров в ПС

Элементы интерфейса программного модуля представлены на Рисунке 14.

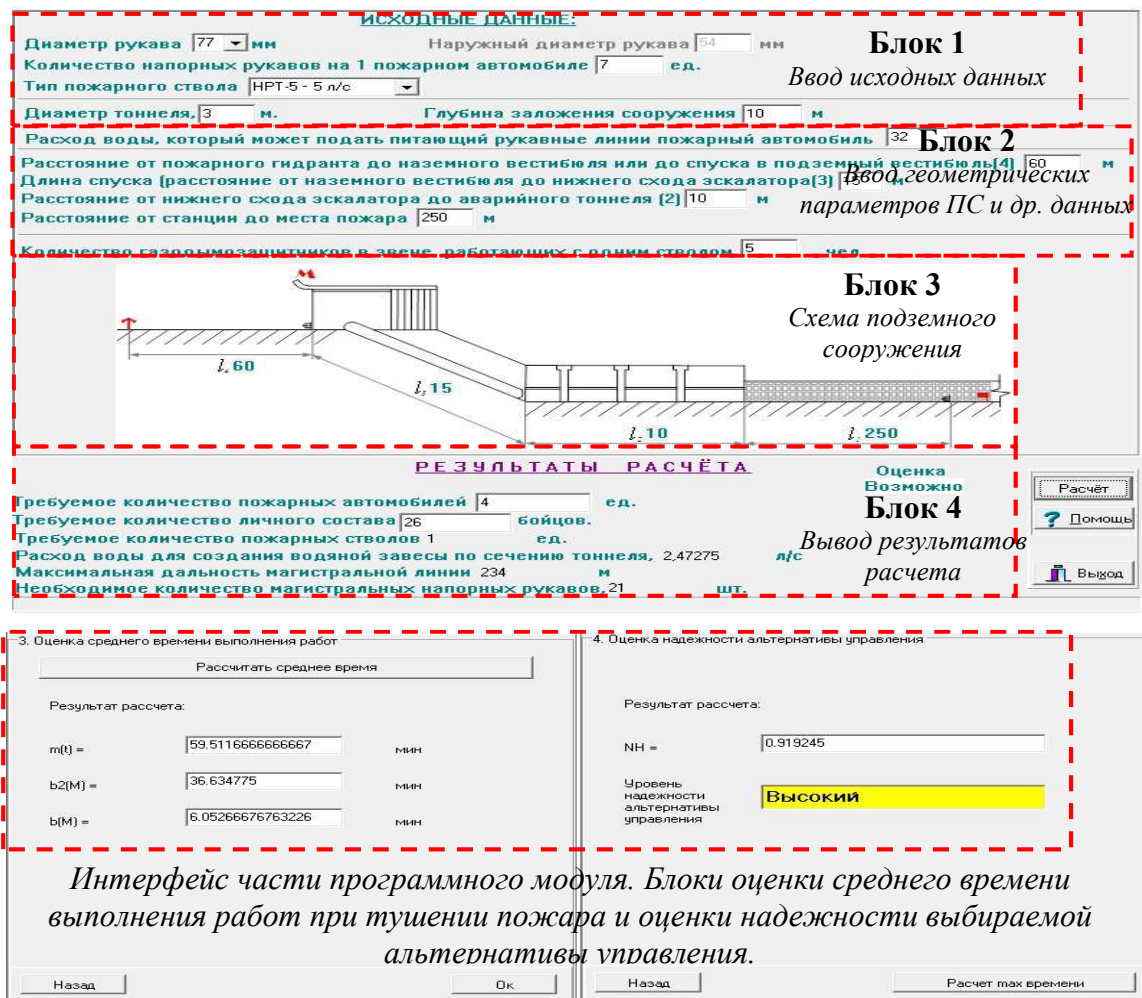


Рисунок 14 – Элементы интерфейса программного модуля

Результаты моделирования на основе программной реализации поддержки принятия решений при тушении пожаров в ПС представлены на Рисунке 15. «Альтернатива 1» - $A_1 \rightarrow \text{Факт}$, «Альтернатива 2» - $A_2 \rightarrow \text{max}$, «Альтернатива 3» - $A_3 \rightarrow \text{opt}$.

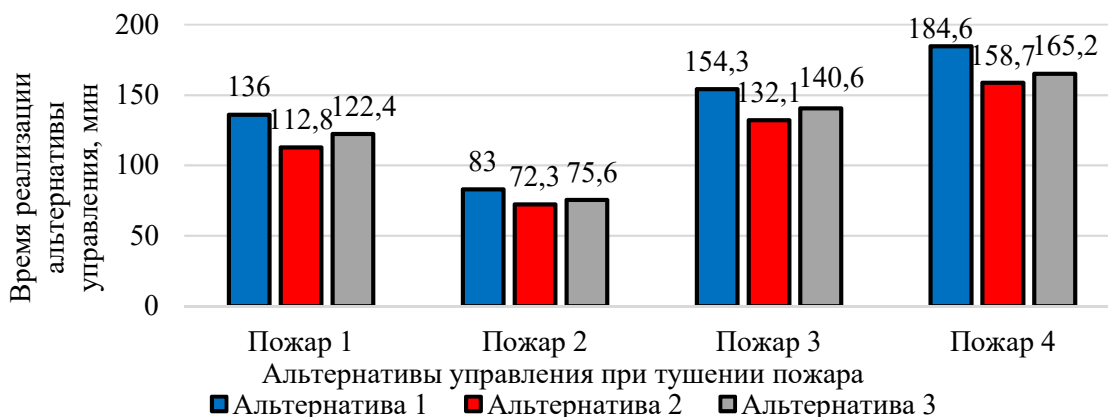


Рисунок 15 – Моделирование времени реализации альтернативы для выборки пожаров в ПС

Обоснованы условия принятия опорных решений при планировании действий ПСП при тушении пожаров в ПС. Принятие опорных решений позволит сократить время на выработку и принятие управленческих решений при тушении пожара в ПС. Так, среднее отклонение полученных результатов моделирования действий ПСП составляет 5,23% для значений HN в диапазоне от 0,8 до 0,65 включительно и 7,11% для значений HN в диапазоне от 0,65 до 0,5 включительно (Рисунок 16, Таблица 4).

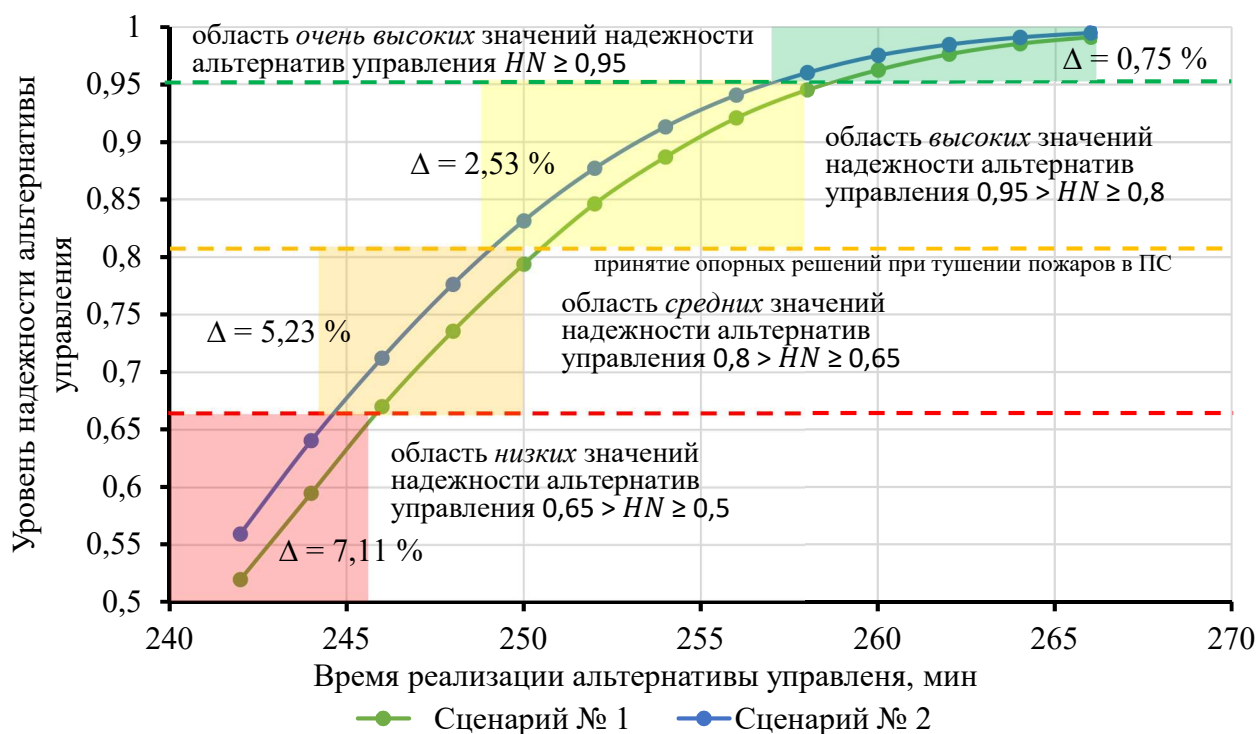


Рисунок 16 – Графическая интерпретация решения задачи по поиску опорных решений

Исходя из полученных значений оптимальная область применения опорных решений в сценариях тушения пожара в ПС, когда альтернативы управления характеризуются средним уровнем надежности. Применение опорных решений при тушении пожара в ПС в сценариях, когда альтернативы управления характеризуются низким уровнем надежности, предлагается рассматривать как действия в условиях оправданного риска (крайней необходимости).

Таблица 4 – Результаты оценки значений моделирования процесса тушения пожара на основе опорных решений при тушении пожара в ПС

№ п/п	$HN(m(t) \leq T_{гр.усл})$	Уровень надежности	Среднее значение отклонения, Δ	Принятие опорных решений
1.	$HN \geq 0,95$	Оч. высокий	0,75 %	-
2.	$0,95 > HN \geq 0,8$	Высокий	2,53 %	Допустимо
3.	$0,8 > HN \geq 0,65$	Средний	5,23 %	Целесообразно
4.	$0,65 > HN \geq 0,5$	Низкий	7,11 %	Действия в условиях оправданного риска

Обосновано применение разработанных моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС, что позволяет идентифицировать граничные условия, позволяющие создавать набор альтернатив управления. Набор альтернатив, в свою очередь может являться триггерными точками при реализации иных сценариев развития пожара и, следовательно, позволяет вырабатывать множества опорных решений при тушении пожара в ПС.

Таким образом, в результате проведения исследования обеспечено достижение поставленных цели исследования и научных задач – выполнена разработка моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС и организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожаров в ПС, что позволит осуществить повышение оперативности принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожаров в ПС.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе исследования:

1. Проведен комплексный анализ процесса принятия управленческих решений в организационной системе пожаротушения при тушении пожаров в ПС, который включал в себя комплексный анализ показателей управления пожаротушением в ПС и комплексный (ретроспективный) анализ моделей поддержки управления ПСП при тушении пожаров. Так, в 2023 году отношение погибших к количеству пожаров для объектов составляет 0,0216, соотношение для пожаров в коллекторах и коммуникационных тоннелях – 0,0346, что на 62,43 % выше. Результатом проведенного комплексного анализа является идентификация параметров граничных условий при тушении пожаров в ПС и их разделение на две принципиальные группы, что позволяет разработать модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожара в ПС.

2. В целях повышения оперативности принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожаров в ПС разработаны:

модель поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив и планирования действий ПСП;

иерархическая модель организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара в ПС.

3. На основе моделей разработаны алгоритм поддержки принятия управленческих решений на основе ранжирования условий выбора управленческих альтернатив при тушении пожаров в ПС и алгоритм поддержки принятия управленческих решений при организации взаимодействия ПСП с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций на месте пожара. Представленные алгоритмы применяются в оперативно-служебной деятельности структурных подразделений МЧС России, для повышения эффективности разрабатываемых документов предварительного планирования развития и тушения пожаров и анализа действий ПСП на произошедших пожарах, а также организации взаимодействия с аварийными службами города и эксплуатирующими объекты организаций при тушении пожаров в ПС и других областях.

4. Проведено обоснование моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС. Достигнутый результат является актуальным для решения задачи повышения оперативности принятия управленческих решений при тушении пожаров в ПС. Так, отклонение среднего прогнозного результата моделирования от средних временных значений моделируемого примера 9,62 %. По результатам оценки надежности моделируемых альтернатив управления для рассматриваемых сценариев тушения пожара в ПС получены результаты HN в диапазоне 0,932–0,978, что соответствует очень высокому и высокому уровню надёжности альтернатив управления при тушении пожара в ПС. Разработан программный модуль поддержки принятия решений при тушении пожаров в ПС и обосновано его внедрение в организационную структуру управления при тушении пожаров в ПС.

Обоснованы условия принятия опорных решений при решении задач управления тушением пожаров в ПС. Принятие опорных решений позволит сократить время на выработку и принятие управленческих решений при тушении пожара в ПС. Так, среднее отклонение полученных результатов моделирования действий ПСП составляет 5,23% для значений HN в диапазоне от 0,8 до 0,65 включительно и 7,11% для значений HN в диапазоне от 0,65 до 0,5 включительно.

По мнению автора, дальнейшими перспективами проведения исследований по данному направлению могут быть:

развитие основных идей исследования по встраиванию решения задачи формирования оптимального набора элементов рассматриваемых структур в систему управления взаимодействием на месте пожара;

определение влияния сложности структуры ПС на расчетные сценарии модели в процессе принятия решений ЛПР как в рамках планирования действий ПСП при тушении пожара в ПС, так и в рамках их ведения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Королев, П.С. Идентификация граничных условий в действиях пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров в подземных сооружениях / П.С. Королев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 10/2 – С. 55-62. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.10-2.15.

2. Королев, П.С. Моделирование выбора решений управленческих задач при тушении пожара в подземных сооружениях / П.С. Королев, С.Н. Аникин, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Computational Nanotechnology. – 2023. – Т. 10, № 3. – С. 72-82. – DOI 10.33693/2313-223X-2023-10-3-72-82.

3. Королев, П.С. Решение задачи управления составом оперативного штаба на месте пожара в подземных сооружениях / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 3(48). – С. 28-35.

4. Королев, П.С. Алгоритм ранжирования действий при выборе решающего направления тушения пожара в подземных сооружениях / П.С. Королев, С.Н. Аникин, А.В. Антонов, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Технологии техносферной безопасности: интернет журнал. – 2024. – № 1(103). – С. 42-61. – DOI 10.25257/TTS.2024.1.103.42-61.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

5. Королев П.С. Поддержка принятия решений при определении сил и средств пожарно-спасательных подразделений для тушения пожара в подземных сооружениях: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2025611272, 17.01.2025 / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов, И.М. Данилов. – Текст: непосредственный.

6. Королев П.С. Поддержка принятия решений при тушении пожара в подземных сооружениях на основе ранжирования альтернатив: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2025683861, 09.09.2025 / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов, И.М. Данилов. – Текст: непосредственный.

Публикации в других изданиях:

7. Королев, П.С. К вопросу выбора решений при тушении пожара на основе этапов развития системы поддержки принятия решений / П.С. Королев, М.М. Данилов, М.А. Данилова, М.П. Еремин, Захаревский В.Б. // Техносферная безопасность. – 2018. – № 4(21). – С. 113-121.

8. Королев, П.С. К вопросу выбора решений при тушении пожара на основе этапов развития системы поддержки принятия решений / П.С. Королев, М.М. Данилов, М.П. Еремин // Материалы конференции «Школа молодых ученых и специалистов МЧС России – 2018». – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2018. – С. 28-33.

9. Королев, П.С. Воздействие опасных факторов пожара на звенья газодымозащитной службы при проведении боевых действий по тушению пожара / П.С. Королев, К.С. Власов, М.М. Данилов, М.П. Еремин, С.В. Пилипчук, С.С. Фомин // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания «Мой город готовится»: задачи, проблемы, перспективы: сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет – 2020. – С. 71-75.

10. Королев, П.С. Модель управления оценкой обстановки в процессе принятия решения руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов, М.П. Еремин, С.А. Кончаков // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях. Том Часть II. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020. – С. 406-411.

11. Королев, П.С. Интеллектуализация процесса управления тушением пожара в подземных сооружениях / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Академия Государственной противопожарной службы МЧС России: Теория. Инновации. Практика: материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России: в 5 ч. Ч. IV. Секция 4. «Цифровые технологии в деятельности Государственной противопожарной службы» – М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2023. – С. 37-42.

12. Королев, П.С. Интеграция метода поддержки управления комплексной безопасности при строительстве подземных сооружений / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции – М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2024. – С. 42-44.

13. Королев, П.С. Модель выбора альтернатив управления в организационной системе пожаротушения на основе GERT-сетей / П.С. Королев, М.М. Данилов // Кибернетика, информатика, аналитика: модели, инструменты, методы: Сборник материалов III международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Донецк: Донецкий национальный университет, 2024. – С. 98-102.

14. Королев, П.С. Экспертное ранжирования критериев выбора альтернатив управления при тушении пожаров в подземных сооружениях / П.С. Королев, М.М. Данилов, А.Н. Денисов // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации (шифр-МКСТР): Сборник материалов XXXV Международной научно-практической конференции – Москва: Университет информационных технологий и бизнес-образования, 2025. – С. 148-154. – DOI 10.26118/5877.2025.73.48.029.

Подписано в печать 22.04.2026. Формат 60×84/1/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 115

Академия ГПС МЧС России. 129366 г. Москва, ул. Б. Галушкина,4