

На правах рукописи



Волошенко Алексей Анатольевич

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Специальность 2.3.4. Управление в организационных системах
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2022

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: кандидат технических наук, доцент
Лобаев Игорь Александрович

Официальные
оппоненты: **Моторыгин Юрий Дмитриевич**
Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, кафедра «Криминалистики и инженерно-технических экспертиз», профессор

Субачев Юрий Дмитриевич
кандидат технических наук, доцент, Уральский институт ГПС МЧС России, кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств (в составе УНК ОПБООиНП), доцент

Ведущая организация: ФГБУ ВНИИПО МЧС России

Защита диссертации состоится «29» июня 2022 г. в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 04.2.002.01, созданного на базе Академии ГПС МЧС России по адресу: 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России и на сайте: <https://academygps.ru/upload/iblock/bda/bdae204966b9979b132544bf43e6889f.pdf>

Автореферат диссертации разослан «27» апреля 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Анализ практики применения риск-ориентированного подхода показал, что установленные обязательные требования пожарной безопасности во многих случаях применяются лицом, принимающим решение (ЛПР), без учета степени риска причинения вреда и затрат на их исполнение согласно ст.9 Федерального закона от 31.07.2020 г. №247, что достаточно часто может приводить к их оспариванию. Судебная практика по делам о рассмотрении споров показала, что 38 % судебных дел связано с осуществлением федерального государственного пожарного надзора и принятием управленческих решений по соблюдению требований пожарной безопасности в части противопожарного расстояния между зданиями, даже с учетом, установленных в нормативных документах альтернатив.

Так, типовая модель по применению обязательных требований пожарной безопасности в ряде случаев не позволяет обеспечить обоснованность принятого управленческого решения, поскольку не учитывает оценку риска распространения пожара между зданиями, и поэтому решение принимается в условиях неопределенности. Представленная для ЛПР информация может являться недостаточно по отношению к альтернативным показателям расчетной модели принятия решения, при этом также не обеспечивается ее требуемый объем и достоверность.

Данное обстоятельство приводит к возникновению спорных ситуаций, когда невыполнение требований пожарной безопасности, указанных в нормативных документах связывают с угрозой риска причинения вреда имуществу, не подтвержденной расчетными обоснованиями, что как следствие, приводит к созданию неустранимых сомнений при принятии решений по привлечению к административной ответственности за их неисполнение.

Для решения данной проблемы и принятия обоснованного управленческого решения необходимо использовать информационное обеспечение на основе расчетной модели по применению обязательных требований пожарной безопасности в части противопожарного расстояния между зданиями. Однако применение расчетной оценки при обосновании каждого адресного наступления риска распространения пожара в условиях дефицита времени и недостатка справочной информации весьма затруднительно для практического использования в реальных условиях.

Поэтому в целях повышения обоснованности принятия решения и эффективности управления пожарной безопасностью по предотвращению распространения пожара между зданиями необходимо разработать методику оценки, которая позволит ЛПР оперативно получать расчетное значение безопасного противопожарного расстояния.

Таким образом, актуальностью исследования является необходимость разработки информационной поддержки принятия решений по применению обязательных требований пожарной безопасности и алгоритмов для ее практического использования в оперативном режиме.

Степень разработанности темы исследования. Методологической основой диссертационной работы являются результаты научной деятельности многих отечественных

и зарубежных ученых. Исследованием нормативного и расчетного подхода принятия управленческих решений при обеспечении пожарной безопасности занимались Н.Г. Топольский, Н.Н. Брушлинский, В.Б. Коробко, А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.А. Мешалкин и др. Заметный вклад в теорию и практику оценки распространения пожара представлен в работах таких авторов, как М.Я. Ройтман, М.П. Башкирцев, Ю.А. Кошмаров, В.И. Козлачков, Д. Драйздейл и др.

Для создания современной расчетной оценки и управления пожарными рисками были проанализированы работы В.И. Козлачкова, А.Ю. Хохловой, И.А. Лобаева, А.О. Андреева, Е.А. Ягодки, результатами которых являются экспресс-технологии, представляющие собой эквиваленты существующих базовых (развернутых) расчетных методик, основанных на физических процессах возникновения, развития и тушения пожара.

Разработка таких эквивалентов необходима в обеспечении оперативной, актуальной и прогнозной информации для обоснования решений по регулированию социально-экономических процессов управления пожарной безопасностью за счет методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями.

Основываясь на работах Н.Г. Топольского, С.В. Соколова, Ю.В. Пруса, Н.Н. Брушлинского, В.А. Седнева, А.Н. Денисова, С.Ю. Бутузова, Р.Ш. Хабибулина в части разработки информационного программного обеспечения был разработан программный продукт «Экспресс-оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока при пожаре».

Данная информационная поддержка направлена на повышение достоверности и оперативности принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности за счет сокращения времени на выполнение расчетных обоснований путем математической обработки многообразных расчетных сценариев по эмпирическим формулам и программному продукту для современных вычислительных средств.

Применение современных средств и информационных технологий позволяет реализовать риск-ориентированный подход в контрольно-надзорной деятельности МЧС России, заключающийся в прогнозируемой оценке реальной ситуации, согласовании, применении и контроле требований пожарной безопасности по предотвращению распространения пожара между зданиями.

Объект исследования — техническое регулирование в области пожарной безопасности.

Предмет исследования — модель и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений по применению обязательных требований пожарной безопасности.

Цель работы — повышение эффективности организации деятельности по применению обязательных требований пожарной безопасности на основе использования разработанного информационно-аналитического обеспечения.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Провести анализ моделей и методик информационной поддержки принятия решений по применению обязательных требований пожарной безопасности для предотвращения распространения пожара между зданиями.

2. Разработать методику экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями.

3. Разработать модель и алгоритм поддержки принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности.

4. Провести оценку эффективности принятия решения по типовой и риск-ориентированной моделям.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Алгоритм редукции методики по определению значений тепловых потоков до методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями, позволяющий сократить расчетные показатели апробируемой математической модели с 14 до 2-х переменных.

2. Предложен алгоритм поддержки принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями, на основе информационно-аналитического и программного обеспечения, для практического использования при установлении риска причинения вреда в реальных условиях контроля (надзора) на объекте защиты.

3. Предложена риск-ориентированная модель организации деятельности в системе обеспечения пожарной безопасности, позволяющая получить контроль над элементами системы предотвращения распространения пожара между зданиями.

Теоретическая и практическая значимость работы. Основные результаты работы использованы в учебном процессе Академии ГПС МЧС России по дисциплинам кафедры надзорной деятельности (в составе учебно-научного комплекса организации надзорной деятельности).

Использование расчетно-обоснованного подхода направлено на реализацию гибкой риск-ориентированной модели оценки соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности при организации деятельности и осуществлении полномочий сотрудниками ФПС МЧС России в условиях дефицита времени и недостатка справочной информации, а также позволит:

- установить исполнение обязательных требований пожарной безопасности по предотвращению распространения пожара между зданиями, при которых оцениваются затраты лиц на их исполнение, обеспечивающие минимизацию риска их избирательного применения;

- избежать судебных споров, снять избыточные административные барьеры и сэкономить госбюджетные средства, выделяемые ФПС МЧС России на проведение исследований и экспертиз, связанных с оценкой риска;

- усовершенствовать учебно-материальную базу научных и образовательных организаций, судебно-экспертных учреждений;

- перейти на более обоснованные инженерно-технические, организационные мероприятия и экономичные системы по обеспечению пожарной безопасности в части предотвращения распространения пожара между зданиями;

- обеспечить соответствие технического регулирования интересам национальной экономики, уровню развития материально-технической базы и уровню

научно-технического развития.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методологические основы организации деятельности в системе ФПС МЧС России:

- концептуализация контрольно-надзорной деятельности, позволяющая перейти на более высокий уровень информационной культуры (оперирование информационными эквивалентами), соответствующей вызовам времени;
- разумное соотношение затрат на противопожарную защиту объектов и размеров вреда, который может быть причинен возможным пожаром, что позволяет оптимизировать затраты на противопожарную защиту объектов;
- расчетная оценка распространения пожара между зданиями, позволяющая установить размер возможного вреда и определить (выбрать) необходимые меры по его минимизации;
- автоматизация операций, связанных с обработкой нормативной и профессионально значимой информации, и применение электронных средств обработки информации на основе экспресс-оценки;
- управление системой пожарных рисков в рамках их допустимых значений.

В диссертации использованы методы теории системного анализа, теории управления и принятия решений, детерминированный метод, дифференцированный подход, метод редукции, метод наименьших квадратов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритм редукции расчетной методики по определению значений тепловых потоков.
2. Методика экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями.
3. Алгоритм поддержки принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями.
4. Риск-ориентированная модель организации деятельности в системе обеспечения пожарной безопасности.

Достоверность научных результатов подтверждается проведением результатов численных экспериментов по апробированной методике оценки, высокой численной сходимостью результатов расчета (4,68 %) с помощью разработанной методики экспресс-оценки по эмпирическим формулам и специальному функциональному программному обеспечению.

Апробация материалов работы. В рамках работы I Всероссийского межведомственного круглого стола «Проблемные вопросы эффективности экспертно-криминалистического сопровождения расследований преступлений, сопряженных с пожарами», проводимого Экспертно-криминалистическим центром МВД России в 2017 г. на базе ФГБУ Судебно-экспертного учреждения Федеральной противопожарной службы МЧС России «Испытательная пожарная лаборатория по Московской области», были представлены материалы работы диссертационного исследования.

Основные результаты диссертационного исследования обсуждались на семинарах,

совещаниях, а также научно-практических конференциях:

- «Системы безопасности» — Москва, Академия ГПС МЧС России, 19-я научно-техническая конференция, посвященная 20-летию МЧС России, 2010;
- «Криминалистическое сопровождение расследования преступлений: проблемы и пути их решения» — Москва, Академия следственного комитета Российской Федерации, Международная научно-практическая конференция, 2016;
- «Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития» — Санкт-Петербург, Военный институт (инженерно-технический) военной Академии материально-технического обеспечения, Международная научно-практическая конференция, 2017;
- «Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием» — Иваново, ФГБУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018;
- «Криминалистика — прошлое, настоящее, будущее: достижение и перспективы развития» — Москва, Академия следственного комитета Российской Федерации, Международная научно-практическая конференция, 2019.

Публикации. По тематике диссертации опубликованы 17 научных статей, в том числе семь из перечня изданий, рекомендуемых ВАК, из них одна работа опубликована без соавторства. Получено 1 свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложений. Содержание работы изложено на 215 страницах машинописного текста, включает в себя 21 таблицу, 59 рисунков, список литературы из 135 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

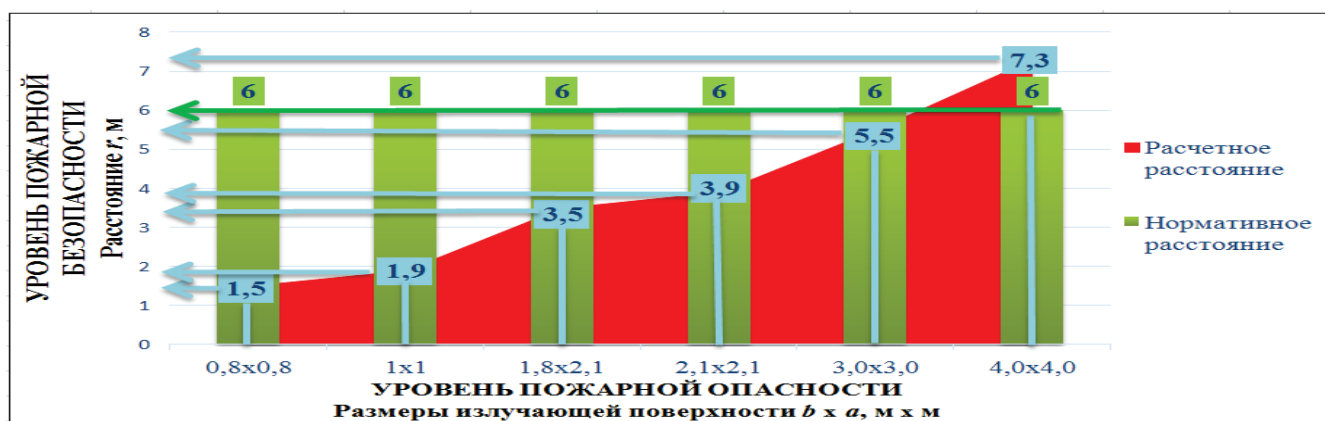
Во введении обоснована актуальность исследования, поставлены цель и задачи диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе рассмотрены особенности использования методик поддержки принятия решений ЛПР по типовой и расчетной моделям, в которых предусматривается сбор исходных показателей, но при этом реализуется различная идентификация проблемы и ее решения.

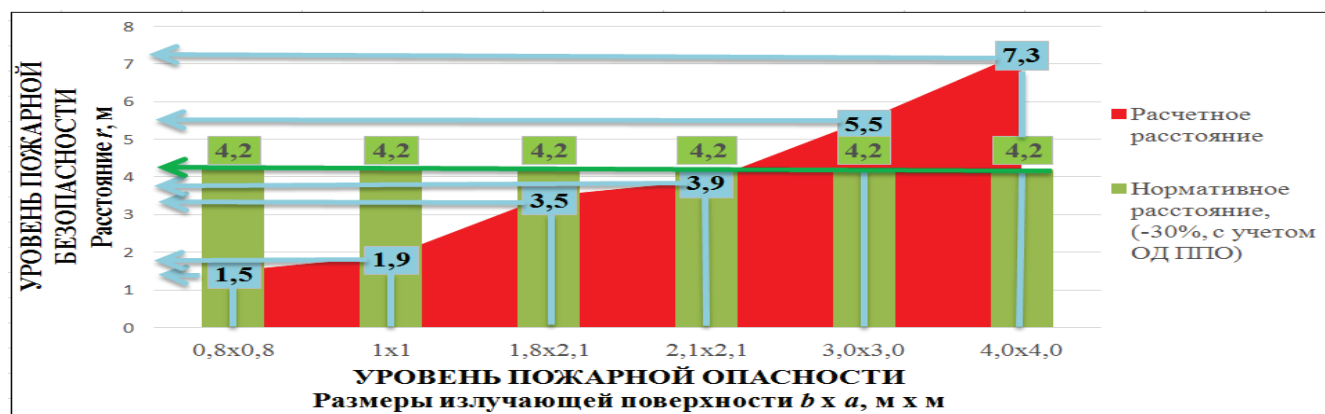
Так, типовая модель предусматривает для ЛПР определение значений противопожарных расстояний между зданиями и принятие решения об их соответствии нормативным требованиям с низкой надежностью, с учетом подбора небольшого количества показателей, к которым относятся степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности, а также их функциональное назначение. В результате использования нормативной методики по установлению значений противопожарных расстояний между зданиями предполагается принятие управленческих решений в условиях неопределенности, поскольку не учитывается уровень прогнозного события в каждом конкретном случае и не предусматривается наступление негативных последствий на основе расчетных оценок.

При этом расчетная модель предусматривает для ЛПР выбор значений противопожарных расстояний между зданиями на основе моделирования процесса наступления прогнозируемого события, и принятие управленческого решения в условиях определенности, а также риска причинения вреда с высокой надежностью. В качестве расчетной оценки используется апробированная методика оценки воспламеняемости пожароопасного облучаемого материала от воздействия излучающего тепловой поток на различные облучаемые поверхности для последующего определения противопожарного расстояния, представленная в нормативном документе по пожарной безопасности, которая на начальном этапе реализации требует от ЛПР сбора большого количества расчетных и исходных показателей.

На рисунке 1 (а, б) представлен сравнительный графический анализ информационной поддержки принятия решения по типовой и расчетной моделям установления противопожарного расстояния между жилым зданием I, С0, К0 и жилым зданием II, С0, К0 с учетом и без учета альтернативного мероприятия (организация деятельности подразделений добровольной пожарной охраны), которое допускает сокращение нормативного расстояния на 30 %.



а



б

Рисунок 1 — Сравнительный анализ методик информационной поддержки принятия решения по типовой и расчетной моделям:

а — без учета альтернативного мероприятия;

б — с учетом альтернативного мероприятия

Сравнительный анализ показал, что типовая модель по применению обязательных требований пожарной безопасности в ряде случаев не позволяет обеспечить принятие обоснованного управленческого решения, поскольку область риска распространения пожара между зданиями не соответствует области их эффективного применения.

Расчетная модель принятия решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями позволяет спрогнозировать рисковую ситуацию, а также обосновать альтернативное мероприятие по предотвращению распространения пожара между жилыми зданиями, область эффективного применения которых ЛПР приведет к соразмерному риску причинения вреда. Это позволит устранить избыточные, высокзатратные и в ряде случаев не обеспечивающие риск распространения пожара нормативные требования пожарной безопасности.

Для обоснованного принятия решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями необходимо использовать информационную поддержку, не создающую спорную ситуацию и социальную напряженность, на основе расчетной модели для качественной оценки возможности наступления рискового события и выбор соразмерного мероприятия (рисунок 2).

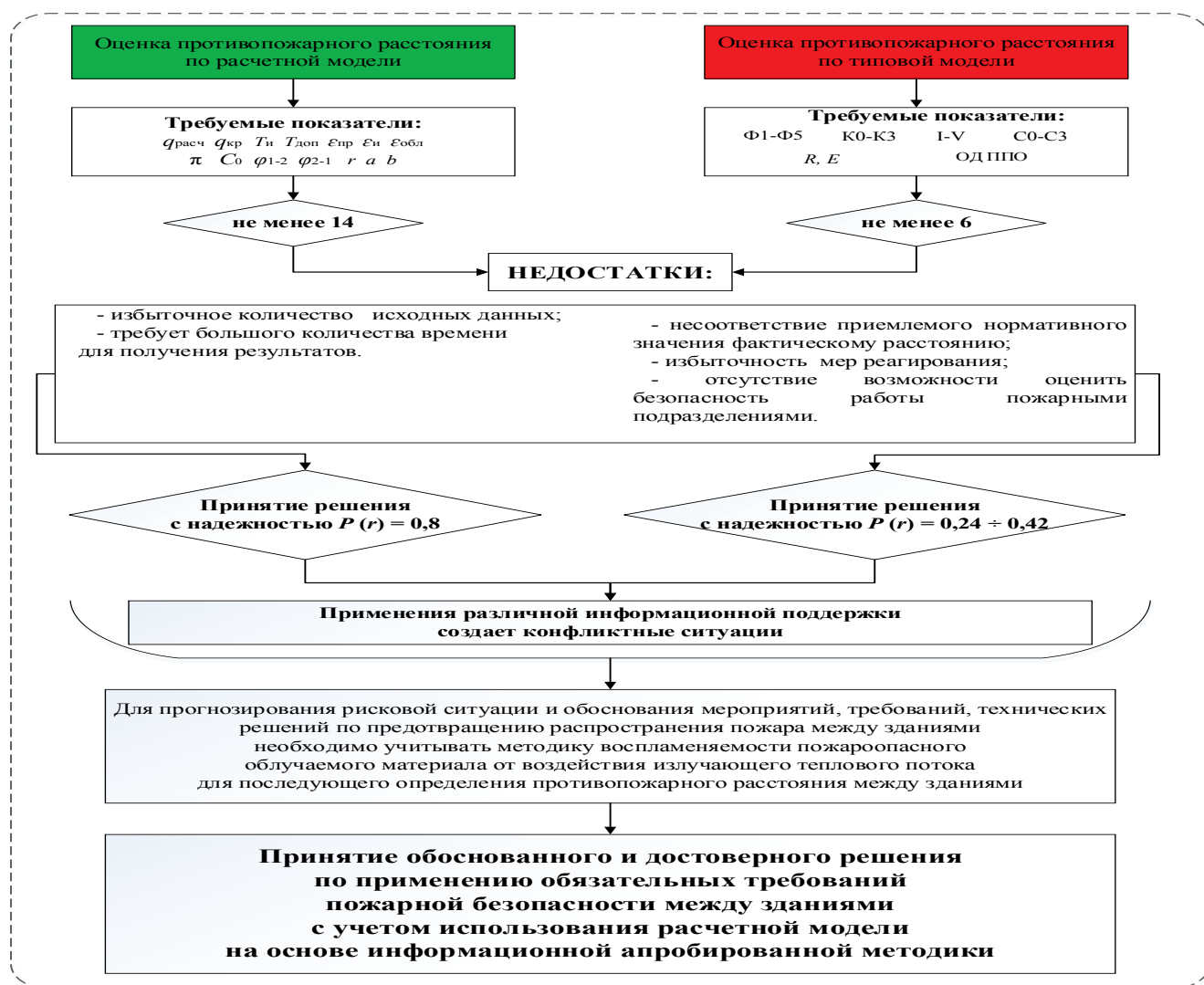


Рисунок 2 — Выбор методики информационной поддержки принятия решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями

Однако ЛПР невозможно в оперативном режиме провести эффективный сбор данных, спрогнозировать рискованные ситуации по всем сценариям расчетной оценки за время, отведенное федеральным законодательством.

Таким образом, в целях повышения оперативности принятия решения по применению обязательных требований пожарной безопасности, принимая во внимание оценку противопожарных расстояний между зданиями, необходимо разработать методику с учетом минимально необходимых и достаточных качественных показателей для практического использования ЛПР в полевых условиях, позволяющую с высокой точностью идентифицировать наступление рискованного события.

Во второй главе разработана методика экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями, обеспечивающая поддержку принятия управленческого решения на основе применения эмпирических формул для определения противопожарного расстояния.

Для разработки методики использован метод редукции, позволяющий путем математического моделирования большого массива расчетных значений излучающего теплового потока выявить закономерности исходных переменных показателей, влияющих на величину противопожарного расстояния.

Полученные в результате эмпирические зависимости учитывают минимально необходимые переменные показатели, позволяющие спрогнозировать рискованную ситуацию, учитывающие характеристики излучающей поверхности и облучаемой поверхности. Для реализации этой задачи был разработан алгоритм редукции расчетной методики по определению значений тепловых потоков (рисунок 3).

Для его реализации были проведены численные эксперименты наступления рискованного события (2156 численных расчетов: 196 на каждую из 11 облучаемых поверхностей) с учетом показателей излучающей поверхности, облучаемого материала, расположения облучаемой поверхности относительно излучающей поверхности.

В таблице 1 представлен фрагмент результатов расчетной оценки противопожарного расстояния до облучаемой поверхности (на примере древесины: сосна, влажность 12 %). В результате статистического моделирования по всем 14 показателям апробированной методики установлено, что на величину расстояния оказывают значения линейных размеров излучающей поверхности. Для получения эмпирических зависимостей противопожарного расстояния от линейных размеров излучающей поверхности и обработки полученных результатов использовали различные функции распределения.

С помощью полиномиальной линейной тренда с высокой величиной достоверности аппроксимации R^2 были выражены математические выражения, описывающие численные результаты полученных расстояний, с учетом изменения значений высоты и ширины излучающей поверхности.

На примере древесины (сосна, влажность 12 %) представлены диаграммы зависимости изменения расстояния до облучаемой поверхности от линейных значений излучающей поверхности с величиной достоверности аппроксимации R^2 (рисунок 4).

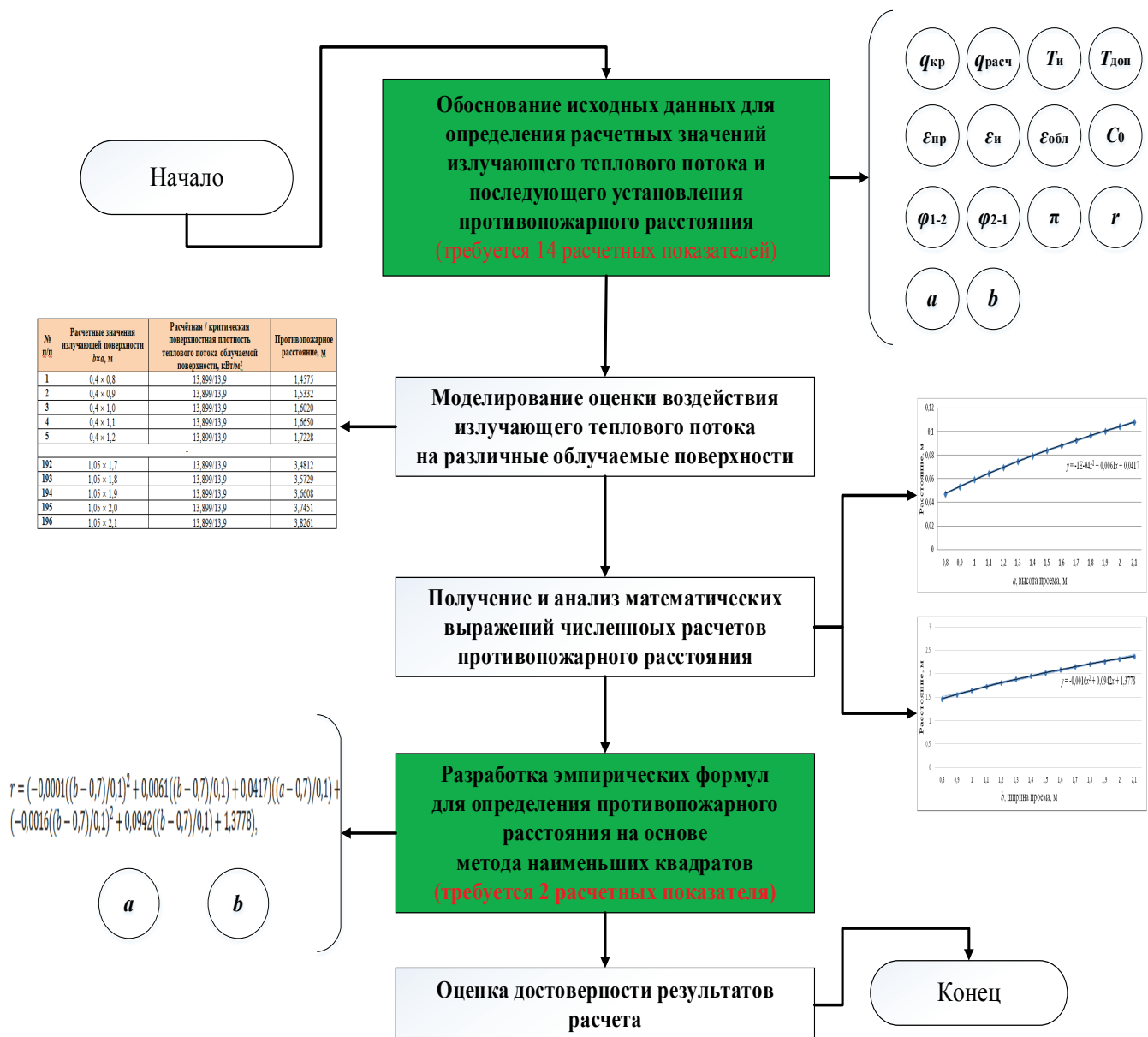
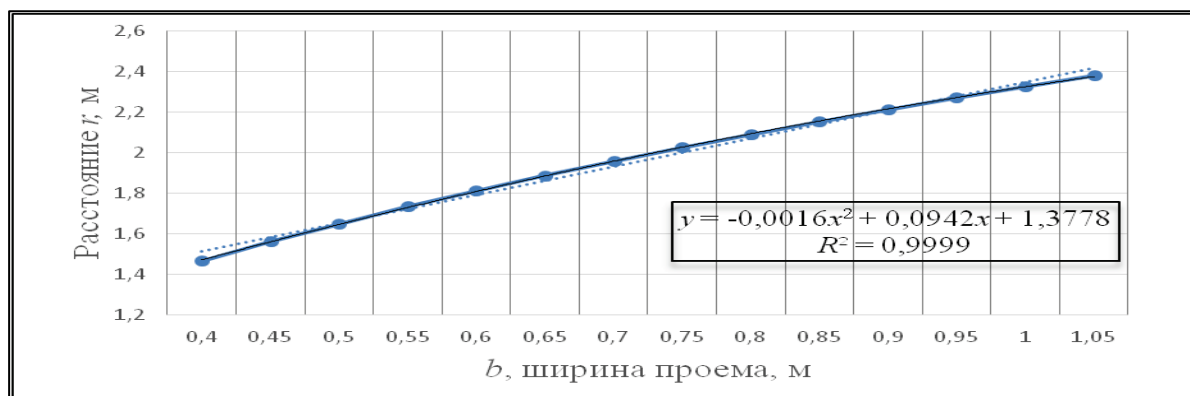


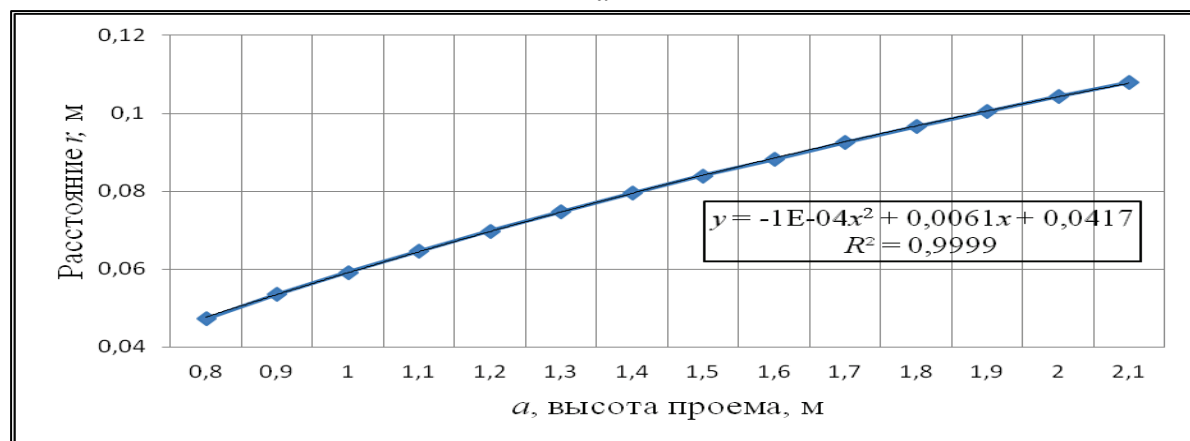
Рисунок 3 — Блок-схема алгоритма редукции расчетной методики по определению значений тепловых потоков

Таблица 1 — Фрагмент численного расчета противопожарного расстояния до облучаемой поверхности (сосна, влажность 12 %)

№ п/п	Расчетные значения излучающей поверхности $b \times a$, м	Расчетная / критическая поверхностная плотность теплового потока облучаемой поверхности, кВт/м ²	Противопожарное расстояние, м
1	0,4 × 0,8	13,899/13,9	1,45
2	0,4 × 0,9	13,899/13,9	1,53
3	0,4 × 1,0	13,899/13,9	1,60
4	0,4 × 1,1	13,899/13,9	1,66
5	0,4 × 1,2	13,899/13,9	1,72
...			
192	1,05 × 1,7	13,899/13,9	3,48
193	1,05 × 1,8	13,899/13,9	3,57
194	1,05 × 1,9	13,899/13,9	3,66
195	1,05 × 2,0	13,899/13,9	3,74
196	1,05 × 2,1	13,899/13,9	3,82



a



б

Рисунок 4 — Зависимость изменения расстояния r до облучаемой поверхности в виде древесины (сосна, влажность 12%) от линейных значений излучающей поверхности с величиной достоверности аппроксимации R^2 :

a — зависимость изменений значений от ширины;

б — зависимость изменений значений от высоты

Поскольку расчеты были проведены для различных значений высоты a и ширины b (диапазон 0,8...2,1 м с шагом 0,1 м) проема были получены зависимости, учитывающие их промежуточные значения. Данные аналитические формы представлены на рисунках 5 и 6.

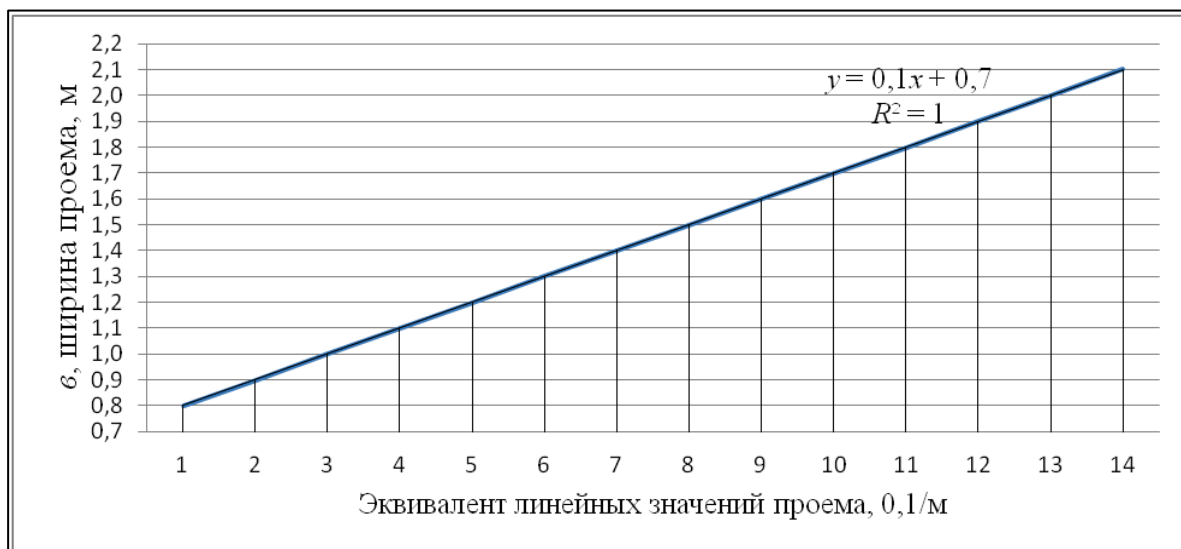


Рисунок 5 — Зависимость промежуточных значений ширины проема b с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 1$

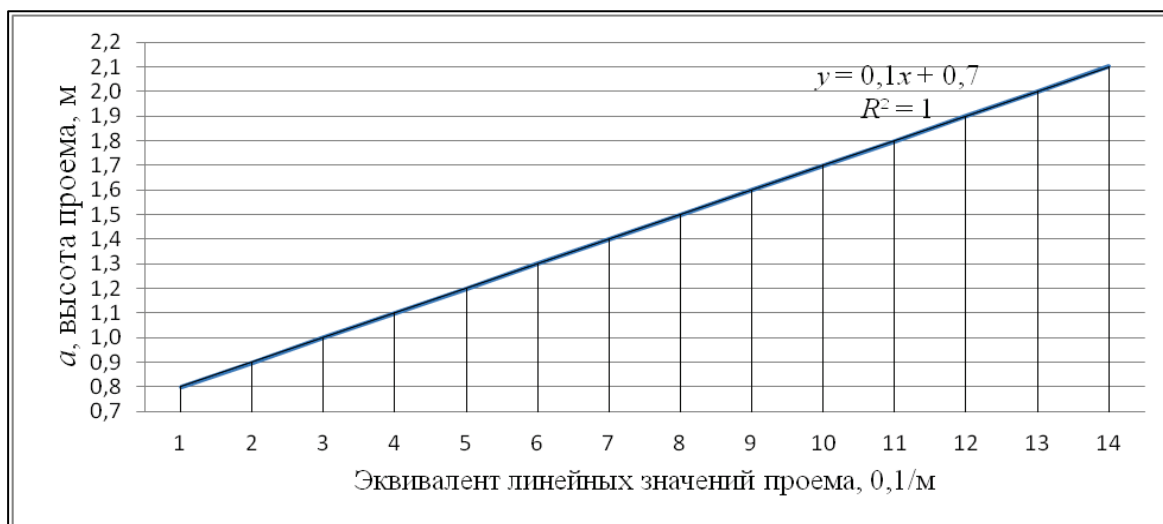


Рисунок 6 — Зависимость промежуточных значений высоты проема a с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 1$

Метод наименьших квадратов, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомых переменных с величиной достоверности аппроксимации R^2 , позволил провести интегрирование математических выражений, описывающих численные результаты расчета с учетом промежуточных линейных значений проема, и получить обобщенные эмпирические формулы, позволяющие провести оперативную расчетную оценку только по двум показателям:

1) пожароопасные вещества и материалы в строительных конструкциях здания:

ЛВЖ и ГЖ (12,1 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0064((b - 0,7)/0,1) + 0,0503)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0017((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,1029((b - 0,7)/0,1) + 1,5255); \quad (1)$$

древесина (сосна, влажность 12 %) (13,9 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0061((b - 0,7)/0,1) + 0,0417)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0016((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0942((b - 0,7)/0,1) + 1,3778); \quad (2)$$

резина (14,8 кВт/м²):

$$r = (-0,00009((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,006((b - 0,7)/0,1) + 0,0396)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0016((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0921((b - 0,7)/0,1) + 1,3406); \quad (3)$$

стеклопластик (15,3 кВт/м²):

$$r = (-0,00009((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0059((b - 0,7)/0,1) + 0,037)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0016((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0896((b - 0,7)/0,1) + 1,2961); \quad (4)$$

рулонная кровля (17,4 кВт/м²):

$$r = (-0,00009((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0056((b - 0,7)/0,1) + 0,0318)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0016((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0844((b - 0,7)/0,1) + 1,2035); \quad (5)$$

лакокрасочное покрытие (25,0 кВт/м²):

$$r = (-0,00006((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0045((b - 0,7)/0,1) + 0,0168)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0014((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0694((b - 0,7)/0,1) + 0,92); \quad (6)$$

2) индивидуальные средства защиты подразделений пожарной охраны:

кожа человека (1,4 кВт/м²):

$$r = (-0,0002((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0157((b - 0,7)/0,1) + 0,2266)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0045((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,3114((b - 0,7)/0,1) + 4,8624); \quad (7)$$

кожа человека (7,0 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0079((b - 0,7)/0,1) + 0,0836)((a - 0,7)/0,1) +$$

$$(-0,0022((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,1384((b - 0,7)/0,1) + 2,1107); \quad (8)$$

кожа человека (10,5 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0069((b - 0,7)/0,1) + 0,0597)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0019((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,1126((b - 0,7)/0,1) + 1,6889); \quad (9)$$

боевая одежда пожарного (общего назначения) (4,2 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0096((b - 0,7)/0,1) + 0,1181)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0027((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,1779((b - 0,7)/0,1) + 2,7466); \quad (10)$$

боевая одежда пожарного и специальная защитная одежда пожарного изолирующего типа (5,0 кВт/м²):

$$r = (-0,0001((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,0089((b - 0,7)/0,1) + 0,1052)((a - 0,7)/0,1) + (-0,0024((b - 0,7)/0,1)^2 + 0,161((b - 0,7)/0,1) + 2,5221). \quad (11)$$

Здесь b — ширина проема; a — высота проема.

В таблице 2 представлены результаты достоверности расчетов значения противопожарного расстояния по развернутой расчетной оценке и эмпирическим формулам.

Таблица 2 — Сравнительный анализ достоверности расчетов значения противопожарного расстояния по развернутой оценке и эмпирическим формулам (1)–(11)

Облучаемая поверхность	Размеры факела пламени $b \times a$, мхм	Противопожарное расстояние r по развернутой расчетной оценке / эмпирическим формулам, м / м	Относительная погрешность, %	Абсолютная погрешность, м
Кожа человека	2,1×2,1	13,7938 / 14,040	1,78	0,24
Стеклопластик	1,15×1,24	2,0313 / 2,0002	1,53	0,03
Боевая и специальная защитная одежда пожарного	2,08×1,05	5,0067 / 5,0182	0,22	0,01
ЛВЖ (ГЖ)	1,69×0,99	2,6619 / 2,6787	0,63	0,01
Лакокрасочное покрытие	0,8×0,8	0,9640 / 1,0092	4,68	0,04
Резина	2,1×2,1	3,7199 / 3,7998	2,14	0,07
Рулонная кровля	1,47×2,1	2,6815 / 2,7326	1,90	0,05
Древесина (сосна, влажность 12 %)	1,12×1,38	2,2023 / 2,1909	0,51	0,01

Результаты сравнительного анализа расчетов показывают высокую точность расчетов по эмпирическим формулам, что соответствует малым относительным погрешностям результатов (4,68 %). При этом абсолютная погрешность составляет не более 0,25 м.

Достоверность области практического применения эмпирических формул позволила разработать методику экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями (рисунок 7), в соответствии с которой ЛПР может оперативно получить требуемую информацию по своему запросу для поддержки принятия решения по оценке противопожарного расстояния между зданиями с учетом двух показателей (a и b) и установленного вида горючего материала облучаемой поверхности.

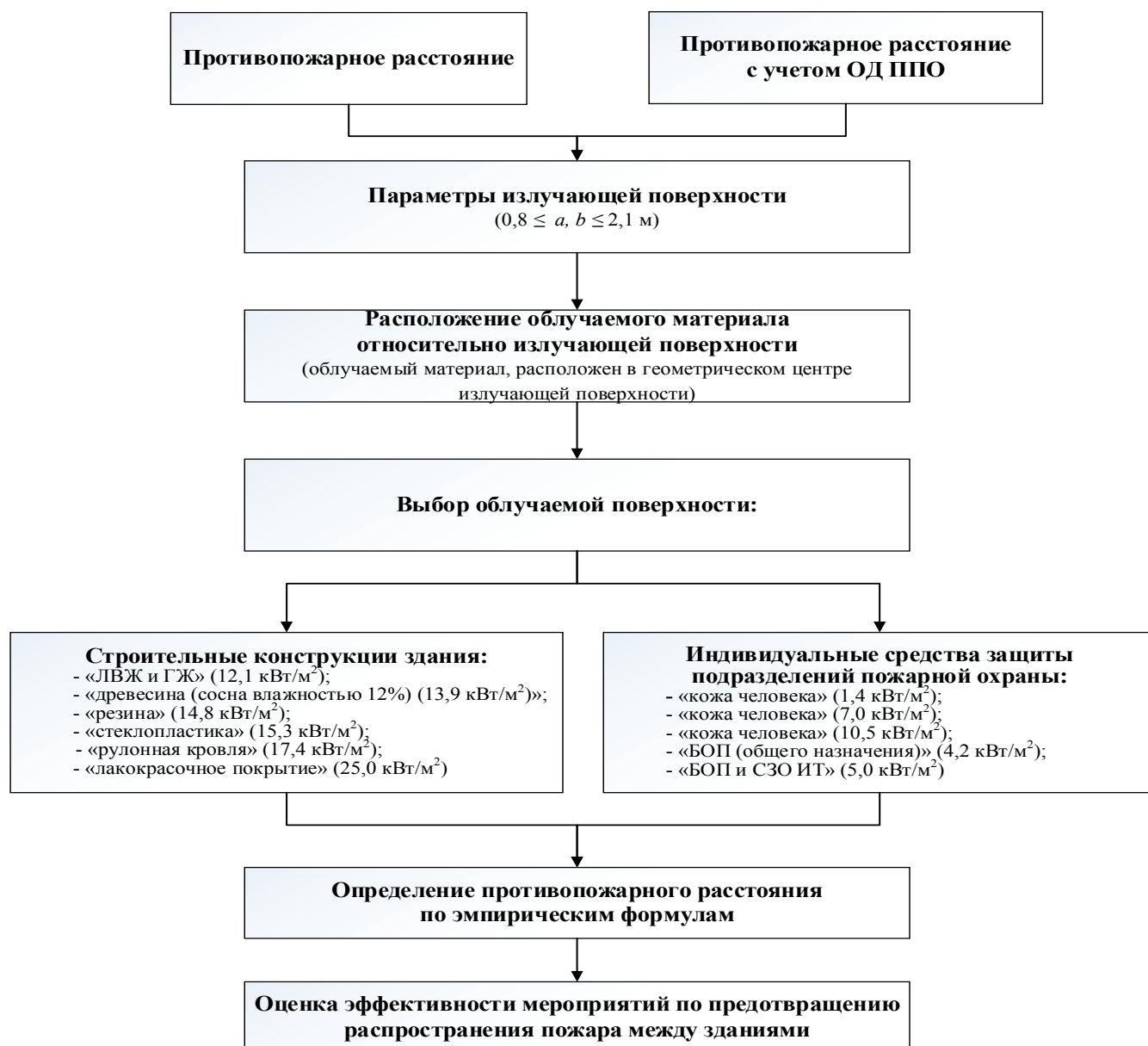


Рисунок 7 — Блок-схема методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями

Разработанная информационная поддержка принятия решения с учетом применения методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями — это совокупность целенаправленных действий, существенно улучшающих информирование ЛПР для управления пожарной безопасностью с обоснованными адекватными и альтернативными мероприятиями, требованиями, техническими решениями, соразмерные риску причинения вреда, используя только информацию, полученную визуальным путем.

Принятие решения ЛПР по предотвращению распространения пожара между зданиями в соответствии с данной методикой экспресс-оценки проводится в рамках правил, задаваемых матрицей рисков, где шкалы матрицы представлены вероятностью возникновения рисков ситуации (угроза) и мерой ущерба (потерь) (рисунок 8). В матрице рисков вероятности возникновения рисков ситуации и мерой ущерба категория *A* обозначает очень высокий уровень риска (должны быть предприняты действия по его

устранению), категория *B* — высокий уровень риска (предполагает альтернативное решение (ОД ППО), снижающее расстояние на 30...50 %), категория *C* — средний уровень риска (необходим мониторинг ситуации, при этом нет необходимости применения непосредственных воздействий на возникшую угрозу), категория *D* — низкий уровень риска (никаких действий не предпринимается).

		Мера ущерба (потерь)		
		Высокая	Средняя	Низкая
Вероятность возникновения	Высокая	A	B	C
	Средняя	B	B	C
	Низкая	B	C	D

Рисунок 8 — Матрица вероятности возникновения рисков и мерой ущерба

Для принятия окончательного решения необходимо сопоставить уровень рисков и необходимых для реализации выбранного решения затрат.

В третьей главе проведена компьютерная реализация разработанной методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями с простым интерфейсом и решением функциональной задачи по заранее прописанному листинг коду для практического и оперативного использования.

Для автоматизации процесса обработки многочисленных исходных данных был разработан программный продукт «Экспресс-оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока при пожаре» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018618632).

На рисунке 9 представлен алгоритм компьютеризации информационной поддержки принятия решения по расчетной оценке противопожарных расстояний между зданиями с учетом альтернативного мероприятия. Функции компьютеризированной информационной поддержки сводятся к вводу данных, необходимых для управления проблемными ситуациями между объектами защиты.

В таблице 3 представлена оценка применения информационного обеспечения для принятия решения по оценке противопожарного расстояния.

Результаты сравнительного анализа показали увеличение скорости получения результата в 25 раз при применении эмпирических формул и в 100 раз при использовании программного продукта, что характеризует эффективность, необходимую для оперативного применения ЛПР.

Таким образом, предлагаемое информационное обеспечение позволило разработать модель и алгоритм принятия обоснованного решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями в условиях оборота больших объемов сложной нормативной информации.

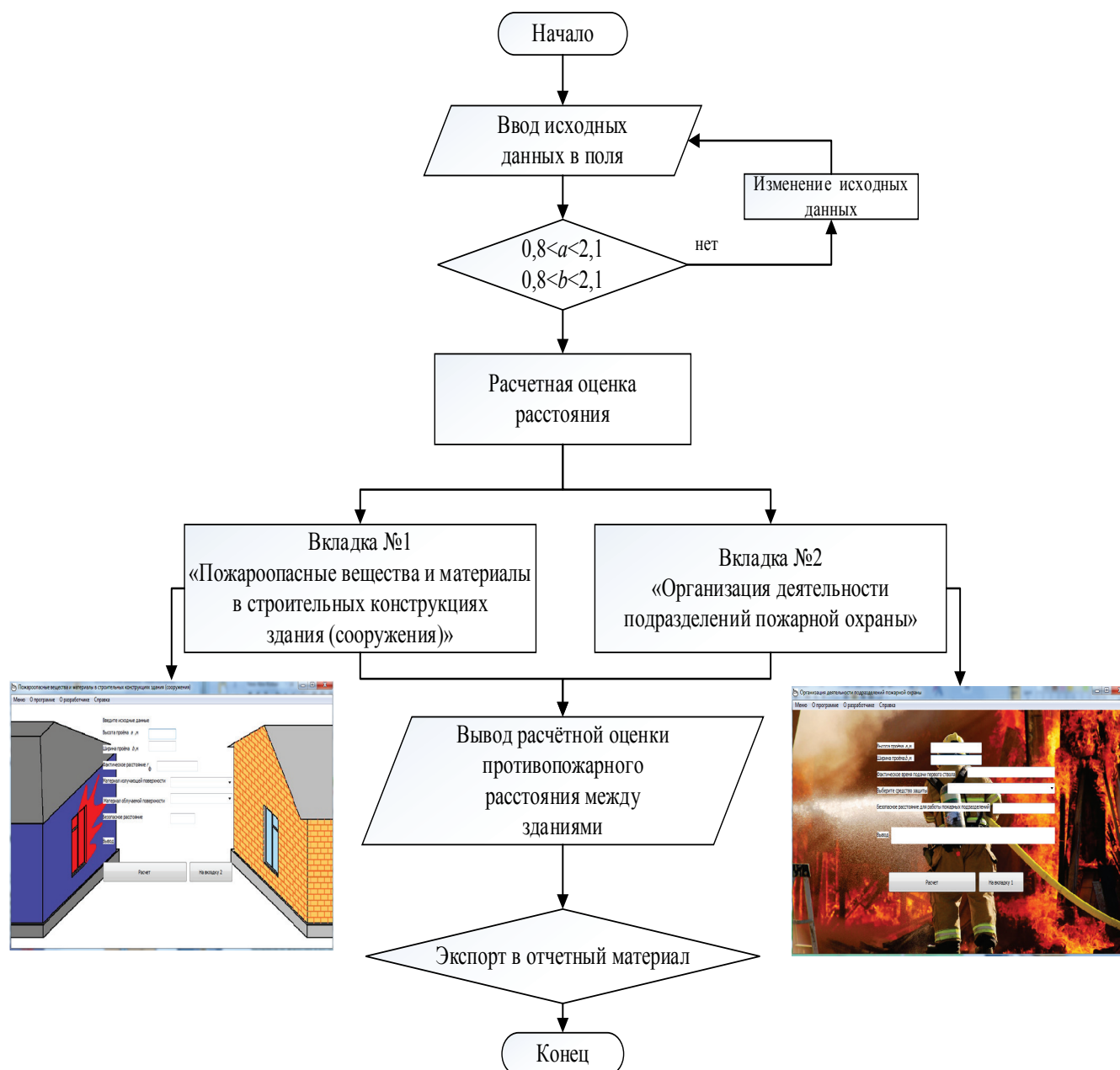


Рисунок 9 — Алгоритм компьютеризации информационной поддержки принятия решения по оценке противопожарного расстояния между зданиями

Таблица 3 — Оценка времени применения информационного обеспечения для принятия решения

Информационная поддержка	Горящее вещество	Функциональная пожарная опасность здания, Ф	Количество формул, ед.	Количество расчетных показателей, ед.	Время, мин
Развернутая расчетная оценка по ГОСТ 12.1.004–91*	ТГМ, ЛВЖ, ГЖ, СПГ, СУГ	Ф1–Ф5	4	14	50
Расчетная оценка по СП 4.13130.2013	—	Ф1–Ф4	4	5	35
Расчетная экспресс-оценка	ТГМ	Ф1–Ф5	1	2	2
Информационный программный продукт	ТГМ	Ф1–Ф5	1	2	0,5

В результате ЛПР получает научно-обоснованную риск-ориентированную модель организации деятельности в системе обеспечения пожарной безопасности, включающую передачу прогнозной информации о состоянии объекта управления управляющему субъекту, комбинацию альтернатив противопожарной защиты на основе методики экспресс-оценки мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями с высокой надежностью (рисунок 10).

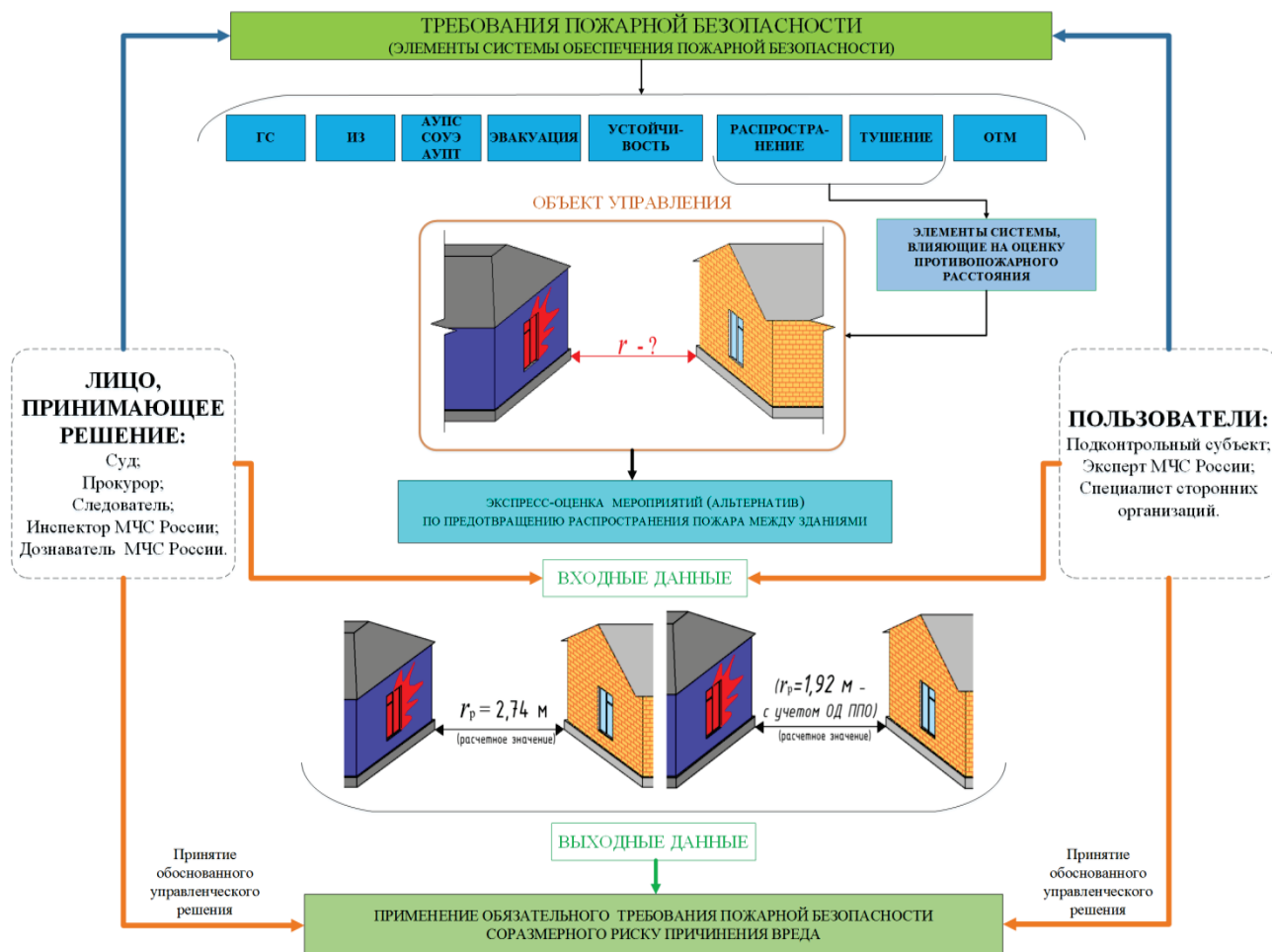


Рисунок 10 — Риск-ориентированная модель организации деятельности в системе обеспечения пожарной безопасности

Повышение оценки ситуации посредством применения оперативного информационного обеспечения в процессе принятия решений позволит решить проблему обеспечения пожарной безопасности между зданиями путем обоснования мероприятий по предупреждению, недопущению или снижению динамики развития пожара и получить контроль над элементами системы противопожарной защиты по предотвращению распространения пожара между зданиями.

Для практического ее использования был разработан алгоритм поддержки принятия решения, который поможет ЛПР выделить обязательные требования пожарной безопасности путем оперативной оценки альтернативных мероприятий по предотвращению распространения пожара между зданиями, позволяющей выявить признаки правонарушения (преступления) и принять управленческое решение в сроки, отведенные федеральным законодательством (рисунок 11).

Алгоритм поддержки принятия решений поможет разработать и обосновать необходимые решения (альтернативы), позволяющие повысить эффективность деятельности и эффективность работы объектов защиты. Принятые управленческие решения позволят устранить причины неудовлетворительных результатов деятельности ЛПР по типовому варианту принятия решения.



Рисунок 11 — Алгоритм поддержки принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности между зданиями

На рисунке 12 представлен анализ эффективности принятия решения по типовой и риск-ориентированной моделям применения обязательных требований пожарной безопасности.

Таким образом, применение информационного обеспечения позволяет повысить надежность, обоснованность и достоверность принятого решения, не создающего спорной ситуации и социальной напряженности в конкретном случае. Информационное обеспечение также направлено на эффективное функционирование системы обеспечения пожарной безопасности.

Внедрение современных средств и технологий для обеспечения пожарной безопасности между зданиями согласуется с Указом Президента РФ от 1 января 2018 г. № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года», в части «совершенствование федерального государственного пожарного надзора путем внедрения принципа приоритетности профилактических мероприятий и риск-ориентированного подхода с учетом индикаторов риска нарушения обязательных требований пожарной безопасности и оценки пожарных рисков на всей территории РФ».

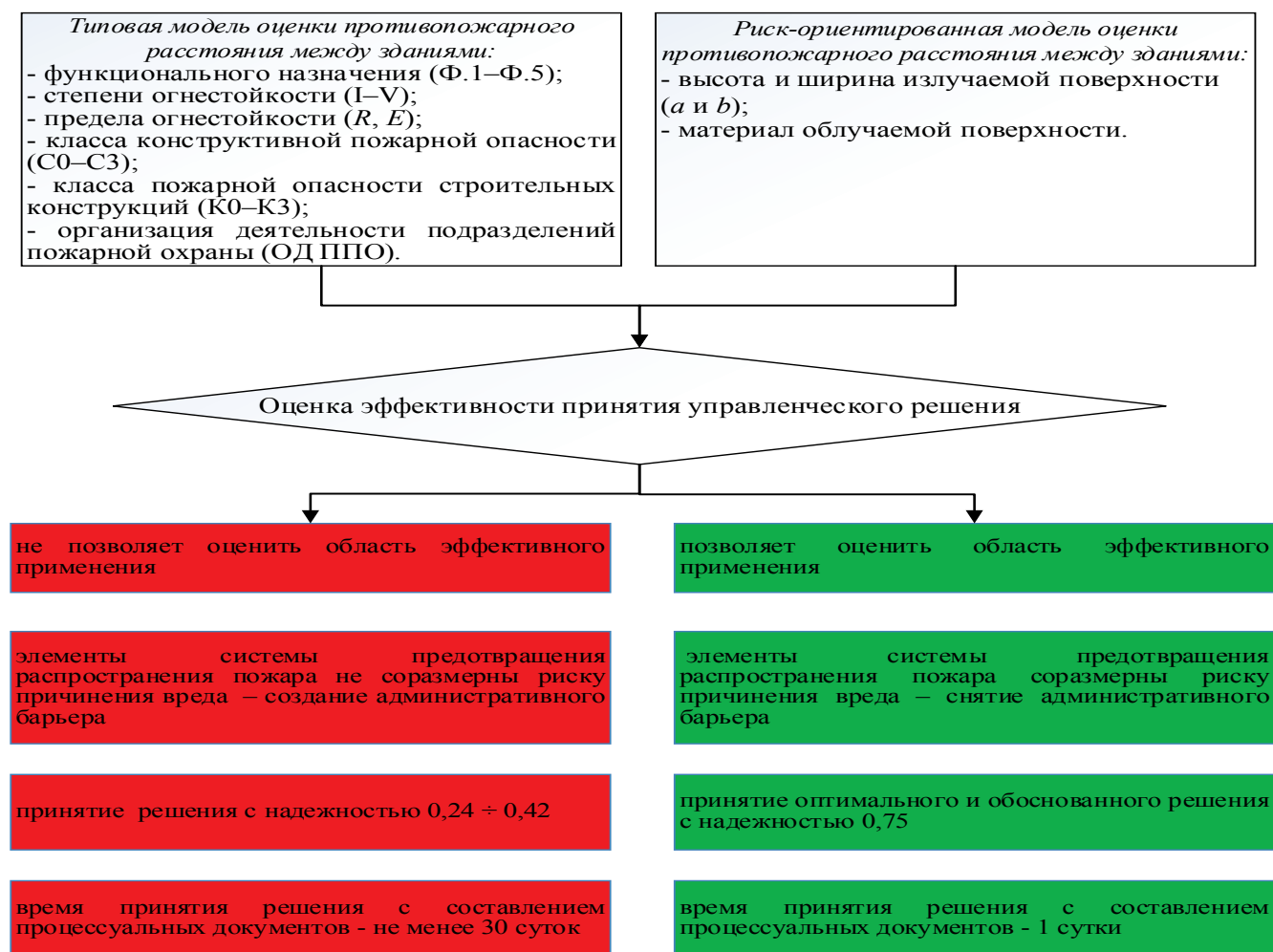


Рисунок 12 — Блок-схема оценки эффективности принятия управленческого решения по типовой и риск-ориентированной моделям

В приложении приведены численные расчеты по определению противопожарного расстояния до различной облучаемой поверхности, листинг программного кода, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, акты внедрения результатов исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научным результатом диссертационного исследования является разработка риск-ориентированной модели и алгоритма поддержки принятия решения по применению обязательных требований пожарной безопасности на основе использования информационной методики экспресс-оценки.

Результаты исследования позволяют:

1) реализовать риск-ориентированный подход при осуществлении контрольно-надзорной деятельности, который позволит избежать необоснованное выполнение нормативных требований по предотвращению распространения пожара между зданиями на основе использования разработанной информационной поддержки принятия управленческого решения;

2) существенно повысить эффективность расходования ресурсов за счет сокращения времени на оперативную обработку многообразных исходных данных по расчетному обоснованию мероприятий с помощью применения информационно-аналитического и программного обеспечения (время моделирования сокращается в 25–100 раз);

3) повысить надежность принятия управленческого решения по применению обязательных требований пожарной безопасности в 2 раза на основе методики экспресс-оценки;

4) сократить в 30 раз время для принятия оптимального и обоснованного решения в полевых условиях с высокой надежностью;

5) осуществлять производство судебных пожарно-технических экспертиз должностными лицами Государственной противопожарной службы МЧС России, а также специалистами сторонних организаций, предпринимателями или иными подконтрольными субъектами, самостоятельно в режиме пользователя, проводить профилактическую работу с высокой степенью надежности;

6) дополнить существующий комплекс информационной поддержки управления пожарным риском, являющийся инструментарием для пользования сотрудниками ФПС МЧС России в практической деятельности.

В дальнейшем разработки данного исследования могут использоваться:

- для разработки чек-листов объектов определенного функционального назначения;
- отнесения объекта защиты к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности;
- обработки планов пожаротушения и выбора решающего направления введения сил и средств на тушение пожара;
- определения выбора индивидуальных средств защиты пожарного при проведении действий, связанных с тушением пожара;
- определения безопасных зон установки пожарных автомобилей и ограждения безопасной зоны тушения от населения.

**Основные положения диссертационной работы опубликованы
в следующих научных изданиях, рекомендованных ВАК России:**

1. Волошенко, А.А. Проблема оценки пожарных рисков при применении требований

пожарной безопасности по ограничению распространения пожара [Электронный ресурс] / В.И. Козлачков, И.А. Лобаев, А.А. Волошенко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2 (66). – 3 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/29-02-16.ttb.pdf>.

2. Волошенко, А.А. Оценка пожарных разрывов с учетом воздействия теплового потока на имущество [Электронный ресурс] / В.И. Козлачков, Е.А. Ягодка, А.А. Волошенко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3 (67). – С. 40 - 44. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/35-03-16.ttb.pdf>.

3. Волошенко, А.А. Экспресс-оценка теплового потока для определения безопасных зон работы пожарных подразделений [Электронный ресурс] / А.А. Волошенко // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4 (74). – С. 66-72. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-4/11-04-17.ttb.pdf>.

4. Волошенко, А.А. Оперативная оценка угрозы личному составу пожарно-спасательных подразделений от теплового потока при тушении пожар [Текст] / В.И. Козлачков, А.А. Волошенко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2017. – № 4. – С. 50–55. – DOI 10.25257/FE.2017.4.50-55

5. Волошенко, А.А. Идентификация требований пожарной безопасности на основе экспресс-оценки риска от воздействия теплового потока [Электронный ресурс] / И.А. Лобаев, А.А. Волошенко // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 4 (80). – С. 60-73. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-4/05-04-18.ttb.pdf>.

6. Волошенко, А.А. Натурный огневой эксперимент по оценке воспламеняемости материалов при воздействии теплового потока [Электронный ресурс] / И.А. Лобаев, М.М. Казиев, А.А. Волошенко, В.И. Безбородов // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 4 (86). – С. 37-44. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-4/09-04-19.ttb.pdf>.

7. Волошенко, А.А. Риск-ориентированная модель управления пожарной безопасностью в области предотвращения распространения пожара между зданиями [Текст] / И.А. Лобаев, А.А. Волошенко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2020. – № 1. – С. 36–43. – DOI 10.25257/FE.2020.1.36-43

Другие научные издания:

8. Волошенко, А.А. Проблемы правовой оценки федерального законодательства при расследовании пожаров / В.И. Козлачков, И.А. Лобаев, А.А. Волошенко // Материалы 19-й научно-технической конференции «Системы безопасности — 2010». – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2010. – 290 с.

9. Волошенко, А.А. Применение расчетных методик при расследовании пожаров по уголовным делам и делам об административных правонарушениях [Текст] / И.А. Лобаев, Е.А. Матюшина, А.А. Волошенко // Сб. матер. Международной научно-практической конференции. – Москва, 19 февраля 2016, Академия Следственного комитета Российской Федерации. – Москва: Академия Следственного комитета Российской Федерации, 2016. – С. 332–334.

10. Волошенко, А.А. Экспресс-оценка определения риска причинения вреда сотрудниками федеральной противопожарной службы с учетом влияния теплового потока / А.А. Волошенко // Первый всероссийский Межведомственный круглый стол: «Проблемные

вопросы эффективности экспертно-криминалистического сопровождения расследований преступлений, сопряженных с пожарами». – Подольск, 18 мая 2017, ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Московской области. – Подольск, 2017.

11. Волошенко, А.А. Экспресс-методика оценки угрозы чужому имуществу от воздействия теплового потока. Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития / А.А. Волошенко; сост. С.А. Кондратьев, В.В. Потапенко // Сб. статей и докладов международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 25–26 мая 2017, Военный институт (инженерно-технический). – Санкт-Петербург: Военный институт (инженерно-технический), 2017. – С. 58–66.

12. Волошенко, А.А. Экспресс-оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока при пожаре / А.А. Волошенко, И.А. Лобаев; сост. Н.Е. Егорова // Сб. матер. III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы естествознания». – Иваново, 5 апреля 2018, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – 303 с.

13. Волошенко, А.А. Автоматизированный программный продукт для оперативной оценки риска причинения вреда от воздействия теплового потока / А.А. Волошенко, И.А. Лобаев // Сб. тезисов докладов международной научно-технической конференции «Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области, обеспечения пожарной безопасности». – Москва, 18–19 октября 2018, Академия ГПС МЧС России. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 859 с.

14. Волошенко, А.А. Разработка инновационных технологий для практического применения надзорных органов МЧС / А.А. Волошенко // Сб. материалов международной заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования надзорной и правоприменительной деятельности МЧС». – Минск, 24 мая 2019, Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». – Минск: УГЗ, 2019. – 95 с.

15. Волошенко, А.А. Натурные огневые испытания воспламенения облучаемого материала от воздействия лучистого теплового потока пламени пожара / А.А. Волошенко, И.А. Лобаев // Сб. материалов международной заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования надзорной и правоприменительной деятельности МЧС». – Минск, 24 мая 2019, Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». – Минск: УГЗ, 2019. – 95 с.

16. Волошенко, А.А. Разработка и внедрение информационной системы оценки противопожарных расстояний при расследовании пожаров / А.А. Волошенко; под общ. ред. А. Багмета // Материал Международной научно-практической конференции «Криминалистика – прошлое, настоящее, будущее: достижение и перспективы развития». – Москва, 17 октября 2019, Московская академия Следственного комитета Российской Федерации. – Москва: Московская академия Следственного комитета Российской Федерации, 2019. – 707 с.

17. Волошенко, А.А. Поддержка принятия решения при управлении пожарной безопасностью по предотвращению распространения пожара между зданиями / А.А. Волошенко, И.А. Лобаев // Сб. матер. VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов». – Иваново, 21 апреля 2020, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 495 с.

**Свидетельства о государственной регистрации баз данных
и программ для ЭВМ:**

18. Волошенко, А.А. Экспресс-оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока при пожаре / А.А. Волошенко, И.А. Лобаев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618632 от 16.07. 2018.

Подписано в печать 13.04.2022. Формат 60×84/1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 726.
Академия ГПС МЧС России.
129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4