

*На правах рукописи*



Плешаков Виталий Владимирович

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ  
РАССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРОВ**

Специальность: 05.13.10

Управление в социальных и экономических системах  
(технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России на кафедре надзорной деятельности (в составе учебно-научного комплекса надзорной деятельности)

**Научный руководитель:** Лобаев Игорь Александрович  
Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры надзорной деятельности (в составе УНК организации надзорной деятельности) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

**Официальные  
оппоненты:**

Чешко Илья Данилович  
Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Исследовательского центра экспертизы пожаров ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

Тараканов Денис Вячеславович  
Доктор технических наук, профессор кафедры пожарной тактики и основ аварийно-спасательных и других неотложных работ (в составе УНК «Пожаротушение») ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**Ведущая организация:** ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Защита диссертации состоится «18» февраля 2021 года в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета ДС 205.002.01 в Академии Государственной противопожарной службы 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/nauka-5/dissertatsionnye-sovety-774/dissertatsionnyy-sovet-d-205-002-01--816/zashchity-dissertatsiy-1023/pleshakov-vitaliy-vladimirovich/>

Автореферат диссертации разослан «23» декабря 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент

Р.И. Хабибулин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Развитие органов дознания, а также совершенствование научно-экспериментальной базы судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы (далее — СЭУ ФПС) является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности.

Управление деятельностью по расследованию пожаров дознавателями органов Государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы (далее — ГПН ФПС) на первоначальном этапе направлено на определение места расположения очага и причины пожара. При этом эффективность принятия решений при расследовании пожара зависит от качества информационно-аналитической поддержки, когда за установленное законодательством время из множества возможных версий об обстоятельствах возникновения и развития пожара необходимо оценить и выбрать достоверное и обоснованное решение.

Существующая модель информационно-аналитической поддержки при расследовании пожаров использует метод исключения, который предполагает обоснованное выдвижение всех возможных вариантов и их последовательное исключение. Лучший результат при принятии решения достигается при большем количестве разработанных вариантов. Сделать правильный выбор одного или нескольких из них становится всё более трудным вследствие их большого количества. Процесс оценки и выбора альтернатив слишком трудоемкий, однако возможная выгода от поиска всех возможных альтернатив до исчерпывающего уровня встречается с ограничениями по времени для принятия решения, отводимого законодательством на расследование пожара, что также снижает качество выбора и оценки альтернативных версий.

Так, в результате оценки выдвинутых вариантов решений проводится отбор альтернативных решений о сценариях возникновения и развития пожара с дальнейшей проверкой в отношении имеющихся версий. Следовательно, создается информационная модель произошедшего пожара и формулируется вывод о расположении очага и причине пожара.

В настоящее время модели информационно-аналитической поддержки при расследовании пожаров имеют высокий научный уровень. Однако в условиях уничтожения пожаром материальных следов пожарно-технические эксперты не могут прийти к однозначному выводу о механизме и обстоятельствах возникновения пожара и, зачастую, вынуждены формулировать вывод в вероятностной форме. Такое положение затрудняет лицу, принимающему решение (далее — ЛПР), выбор соответствующего истине варианта, не позволяет диагностировать характер причинно-следственных связей нарушений требований пожарной безопасности и опасных последствий пожара, что повышает вероятность ошибки в принятии решения при расследовании пожаров. Например, органы ГПН ФПС при расследовании пожара не устанавливают и не усматривают виновников более чем 60 % случаев.

Автор настоящего исследования предлагает метод, позволяющий ЛПР выдвинуть и обработать наибольшее количество разработанных вариантов сценариев (версий по расположению очага и причине пожара) и при этом минимизировать трудоемкость и уложиться во временные интервалы, отводимого законодательством Российской Федерации для расследования пожара.

В целях реализации разработанного метода предложен алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров. Таким образом, актуальность диссертационного исследования обусловлена получением целевого результата — принятия достоверного решения в условиях информационной неопределенности первоначального этапа расследования пожаров.

Созданная система позволяет ЛПР принимать также решения о взаимосвязи выявленных нарушений требованиям безопасности и природе связанных между собой событий и обстоятельств: возникновения очага горения в пространстве и причины пожара во времени события.

**Степень разработанности темы исследования.** Ниже перечислены фамилии исследователей, занимавшихся рассмотрением следующих вопросов:

– В.И. Козлачков, А.Ю. Хохлова, И.А. Лобаев, А.О. Андреев, А.В. Ершов, Д.А. Вечтомов, Е.А. Ягодка изучали информационно-аналитическую поддержку деятельности по расследованию пожаров с учетом расчетного моделирования динамики опасных факторов пожара (далее — ОФП), а также разработку экспресс-оценок пожарных рисков;

– С.И. Зернов, И.Д. Чешко, С.П. Воронов, С.А. Назаров, А.В. Попов, С.А. Кондратьев, Н.В. Петрова, J. Lentini, P.L. Kirk, M. Shipp, N.N. Daéid разрабатывали методологию пожарно-технической экспертизы с использованием расчетных методик;

– Е.А. Мешалкин, А.В. Матюшин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, В.Б. Коробко, А.И. Овсяник посвятили свое внимание решению организационно-управленческих проблем Государственной противопожарной службы с учетом статистического анализа;

– Н.Г. Топольский, С.Ю. Бутузов, Ю.В. Прус, Р.Ш. Хабибулин, А.Н. Членов, А.В. Федоров, А.Л. Холостов, Д.В. Тараканов занимались вопросами развития научных основ информационных технологий, автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов.

Сформированные в настоящее время модели и алгоритмы, в том числе и на основе экспресс-оценки, не затрагивают область информационно-аналитической поддержки реконструкции процесса возникновения и распространения пожара. Такая информационно-аналитическая поддержка экспертами на первоначальном этапе расследования пожаров требуется дознавателям в форме судебной пожарно-технической экспертизы и исследований и существенным образом влияет на качество результатов принятия решений специалистами ГПН ФПС по итогам первоначального этапа расследования пожара.

**Цель исследования** — повышение эффективности информационно-аналитической поддержки принятия решений дознавателями органов ГПН ФПС на первоначальном этапе расследования пожаров.

**Объект исследования** — управление деятельностью по расследованию пожаров на первоначальном этапе.

**Предмет исследования** — информационно-аналитическая поддержка принятия решений дознавателями органов ГПН ФПС на первоначальном этапе расследования пожаров.

**Задачи исследования:**

1. Проведен анализ моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки принятия решений дознавателями органов ГПН ФПС при расследовании пожаров.

2. Разработан метод ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений при установлении времени возникновения, места расположения очага пожара и вида горючей нагрузки.

3. Разработаны формулы экспресс-оценки для информационной поддержки принятия решений о времени возникновения, места расположения очага пожара и виде горючей нагрузки.

4. Представлен алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров.

**Научная новизна исследования:**

1. Разработан метод ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений, который позволяет принять обоснованное решение в категорической форме о точном расположении очага пожара, виде горючей нагрузки и времени возникновения пожара.

2. Создан алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров, позволяющий минимизировать трудоемкость и уложиться в пределы ограничения по времени, отводимого нормативными правовыми актами на расследование пожара.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в следующем: разработанные метод и алгоритм дополняют имеющиеся теоретические представления об информационно-аналитическом обеспечении деятельности по расследованию пожаров на основе соотношений значений расчетной динамики ОФП и показателей автоматических систем раннего обнаружения пожара, что позволит ЛПР принять однозначный и обоснованный вывод в однозначной форме о точном расположении очага пожара, виде горючей нагрузки и времени возникновения пожара. Применение данного соотношения представляет необходимую информационно-аналитическую поддержку принятия решений, что особенно важно на первоначальном этапе расследования пожаров.

Полученные результаты исследований используются в практической деятельности подразделений ФПС, осуществляющих расследование и экспертизу пожаров; образовательной организации высшего и среднего образования пожарно-технического профиля.

**Методология и методы исследования.** Научной основой исследования послужили теория системного анализа, теории множеств, функций, графов, рисков. При решении конкретных задач использовались методы математического моделирования и информационного синтеза, корреляционно-регрессионного анализа, а также инструментальные методы их поддержки, методы экспертного анализа.

Для проведения исследования в области отбора альтернативных решений, использующих большой объем математического моделирования, автором применялась автоматизация операций, связанных с обработкой нормативной и профессионально значимой информации, и применение мобильных электронных средств обработки информации на основе методов экспресс-оценки времени начала пожара, места расположения очага пожара и вида горючего материала в очаге.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Метод ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара.

2. Алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров.

**Степень достоверности работы** подтверждается использованием апробированного программного продукта по моделированию динамики ОФП при пожаре в помещении, фактических значений оптической плотности дыма (далее — ОПД), полученных при пожаре системами мониторинга контролируемой среды помещений и использование этих значений в виде эталонных величин для отбора области значений ОПД из множества расчетных сценариев и проверки адекватности информационной модели соответствующих цели и задачам исследования.

**Материалы диссертации реализованы** при организации и проведении судебных экспертиз и исследований по делам о пожарах и нарушениях требований пожарной безопасности:

– в ФГБУ «Судебно-экспертный центр ФПС» по г. Москве;

– ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ярославской области»;

– ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Чувашской Республике — Чувашии».

Результаты работы использованы в учебном процессе Академии ГПС МЧС России при написании учебно-методических материалов по дисциплинам «Расследование и экспертиза пожаров» и «Судебная пожарно-техническая экспертиза» кафедры надзорной деятельности (в составе учебно-научного комплекса организации надзорной деятельности); а также по программам дополнительного профессионального образования.

**Апробация материалов исследования.** Материалы исследования обсуждались на совещаниях, семинарах, научно-практических конференциях:

– Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы судебной пожарно-технической экспертизы» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015);

– Международная научно-практическая конференция «Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности» (Москва, Академия ГПС МЧС России, 2018);

– Международная научно-практическая конференция «Нарушение требований безопасности в ходе эксплуатации промышленных объектов и объектов социальной инфраструктуры: квалификация и расследование» (Москва, Московская академия Следственного комитета России, 2018);

– Межведомственная научно-практическая конференция «СПЕЦ — поисково-досмотровая и криминалистическая техника» (Москва, ФКУ НПО «Специальная техника и связь» МВД России, 2019).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований.

**Личный вклад автора.** Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в разработке метода ретроспективного отбора альтернативных решений по очагу и причине пожара, полученными путем численного эксперимента при реконструкции пожара, алгоритма информационно-аналитической поддержки принятия решений дознавателями органов ГПН ФПС на первоначальном этапе расследования пожаров.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на 213 страницах машинописного текста, списка литературы из 140 наименований и трех приложений, содержит 24 таблицы и 82 рисунка.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность исследования, определен объект и предмет исследования, поставлена цель и задачи диссертации, представлены сведения о научных результатах и практической значимости исследования.

**В первой главе** проведен анализ процесса поддержки принятия решений при расследовании пожара, который отождествляют с процессом познания, протекающем в особых условиях. Специфика этих условий обусловлена регулированием законом соответствующего вида деятельности, что и определяет в свою очередь ограниченность сроков исследования, необходимость принятия решения в любом случае, использование предусмотренных законом средств исследования.

Проведен анализ статистических данных о результатах деятельности дознавателей органов ГПН ФПС и экспертов СЭУ ФПС по расследованию пожаров (рисунок 1).

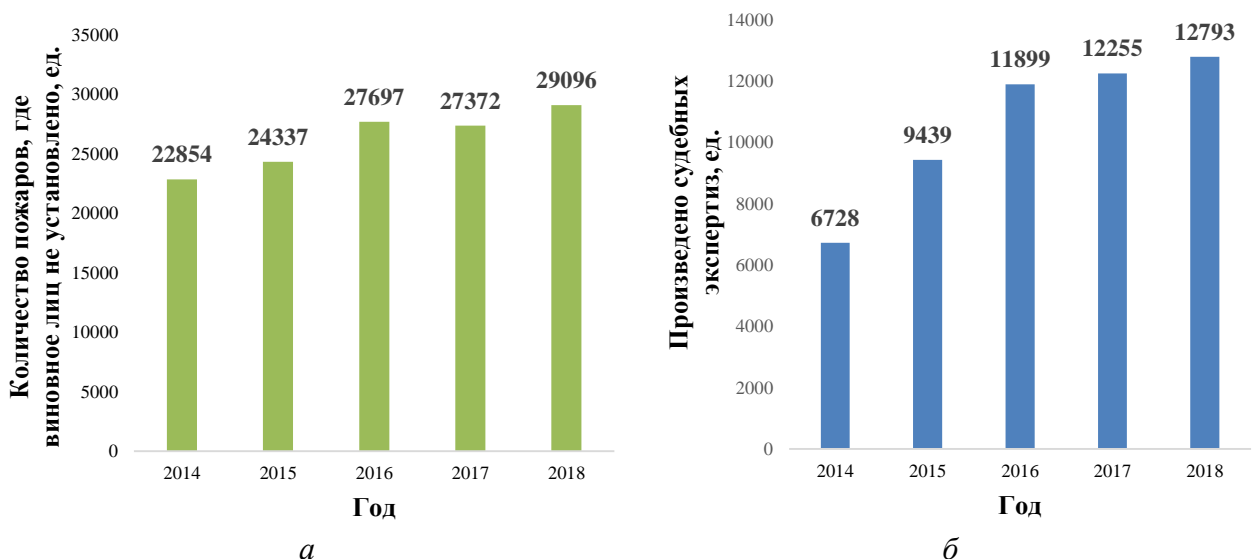


Рисунок 1 — Результаты анализа данных статистических источников:

*а* — диаграмма распределения количества пожаров, где виновное лицо не установлено; *б* — диаграмма распределения количества произведенных судебных экспертиз

Анализ статистических данных показал рост количества расследованных пожаров, где виновное лицо дознавателями органов ГПН ФПС не установлено; при этом количество судебных пожарно-технических экспертиз, проведенных экспертами СЭУ ФПС, возрастает ежегодно, увеличивая служебную нагрузку на эксперта, что в свою очередь сокращает отведенное законодательством время на расследование пожара и сказывается на качестве проведенных расследований.

При этом наибольшей проблемой является предположительный характер предметной деятельности, что снижает качество принятых решений по оценке причинно-следственных связей нарушений требований пожарной безопасности с причинением вреда, что приводит к неадекватной их квалификации. Такое положение говорит о недостаточно эффективных технологиях, обеспечивающих процесс расследования пожаров.

Проведенный анализ существующих моделей поддержки принятия решений органами дознания при расследовании пожаров показал, что специалисты в области расследования и экспертизы пожаров осуществляют свою деятельность в условиях неопределенности и, чтобы повысить уровень достоверности результатов принятых решений, всё чаще обращаются к расчетным информационным моделям в целях обоснования выводов, проводимых судебных пожарно-технических экспертиз и исследований.

При этом все рассмотренные автором настоящего исследования расчетно-обоснованные информационные модели также не могут решить задачу получения соответствующего истине экспертного решения, после которого не имелось бы оснований для проведения повторной или дополнительной экспертизы, поскольку эксперты, применяя расчетные методики по одним и тем же пожарам, получают различные результаты. Такое положение приводит к неустойчивости модели принятия решений дознавателями по месту расположения очага и причины пожара и не отождествляются с истинностью и



достоверностью в судебных спорах, поскольку основаны на вероятностных решениях.

Ожидаемый результат в устойчивости принятия решений при расследовании пожаров на первоначальном этапе заключается в умело разработанных творческих вариантах исчерпывающего количества версий по месту расположения очага и причине пожара. Такой результат дает возможность сделать доброкачественный вывод в однозначной форме. На основании экспертных выводов ЛПР принимает решение по адекватной квалификации нарушений требований пожарной безопасности.

**Во второй главе** показаны этапы разработки технологии точного определения места расположения очага и причины пожара с учетом пределов ограничений по исходным данным и времени.

Первым этапом для разработки информационно-аналитической поддержки является разработка метода ретроспективной оценки времени возникновения пожара, места расположения очага в пространстве и вида горючей нагрузки. Такой метод представляет собой оценку и выбор фактического сценария возникновения и развития пожара из множества возможных сценариев путем установления тождества между единственным расчетным значением динамики ОПД  $\{A_{\text{расч}}\}$ , отобранным из множества альтернативных значений расчетных сценариев ОПД  $\{B\}$  с фактическими значениями динамики ОПД при пожаре, полученной в результате мониторинга среды дымовыми точечными пожарными извещателями (далее — ДТПИ)  $A_{\text{факт}}$ :

$$A_{\text{расч}}, A_{\text{факт}} \subseteq B. \quad (1)$$

Полученные значения времени срабатывания ДТПИ, согласно (1), в каждой контролируемой точке используются для определения значений с целью оценки фактической динамики ОПД при пожаре. Данные о фактической динамике срабатывания ДТПИ при пожаре могут быть получены с автоматизированного рабочего места оператора адресной автоматической пожарной сигнализации (далее — АПС).

Такой график изменения времени срабатывания ДТПИ при пожаре представляет собой множество точек  $\{A_{\text{факт}}\}$ , характеризующих динамику ОПД, и показан на рисунке 2.

Специалистам в области пожарной безопасности очевидно, что время срабатывания ДТПИ связано с динамикой ОПД, на которую в свою очередь влияет расположение очага и вид материала, поэтому необходимо оценить их степень участия в динамике ОПД. Для этого разрабатывается множество сценариев альтернативных версий с помощью математического моделирования при различном расположении очага в пространстве одновременно с различными видами горючих материалов  $\{B\}$ . Таким образом, в зданиях с полностью уничтоженными (видоизмененными) пожаром следами происшествия с учетом времени срабатывания  $t_{\text{обн}}$ , с, ДТПИ при пожаре возможна расчетная оценка динамики ОПД, которая может стать эквивалентом фактической динамики ОПД при совпадении области множества  $A \subseteq B$ , что даст возможность отобрать единственную верную версию  $\{A\}$  среди множества

расчетных альтернативных версий  $\{B\}$ , указывающих на точные координаты очага, вид горючего материала и время начала события.

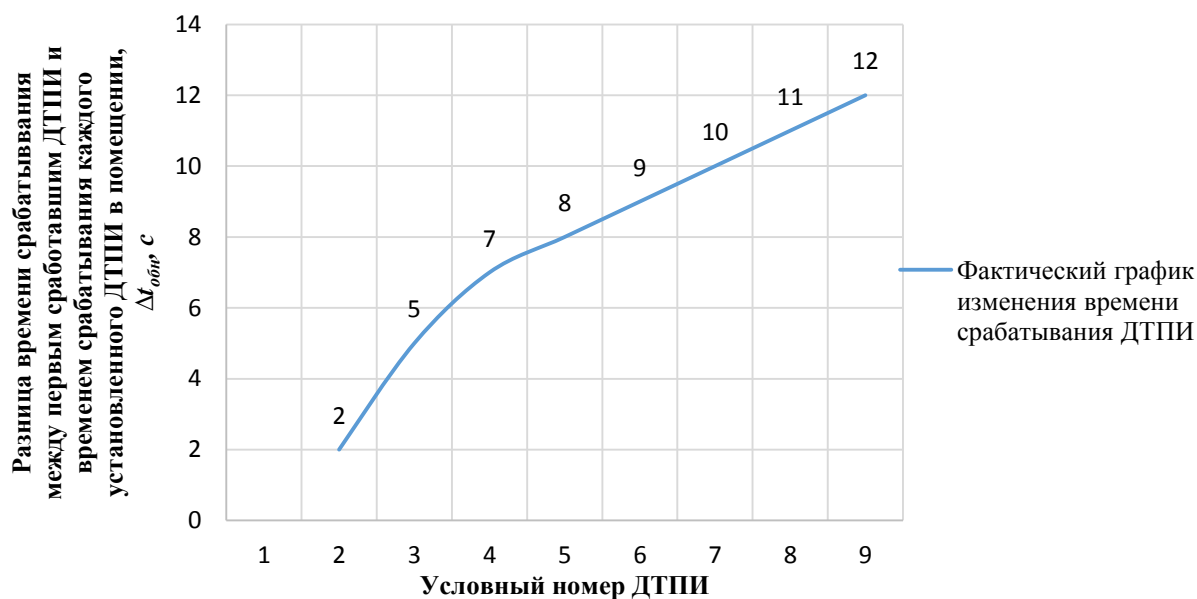


Рисунок 2 — График изменения времени срабатывания ДТПИ при пожаре

Такая информационная модель уже обладает значительным выбором альтернативных версий, поскольку разрабатывается исчерпывающее количество сценариев с различным расположением очага в пространстве ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) и вида горючих материалов  $F$  с прогнозируемыми расчетными значениями динамики ОПД, которые являются уникальными для каждого вида горючего материала и места расположения очага.

Для разработки информационной модели пространственной связи автором настоящего исследования был проведен численный эксперимент на базе полевого метода математического моделирования динамики ОФП.

При расчетах учитывались:

- площадь  $S$ ,  $m^2$  — от 100 до 14 400  $m^2$ ;
- высота помещений  $H$ , м — от 3 до 12 м;
- уровень плоскости пожара %, от высоты помещения, м, — от 0 до 75 %;
- расстояние от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ  $l$ , м — от 0 до 20 м.

При этом использовали пять видов типовой горючей нагрузки  $F$  (рисунок 3):

- «Бумага в рулонах» — 2;
- «Радиоматериалы» — 3;
- «Магазины» — 4;
- «Упаковка» — 5;
- «Резинотехнические изделия» — 6.

*Примечание.* Под цифрой 1 на рисунке 3 обозначены фактические значения времени срабатывания ДТПИ при пожаре.

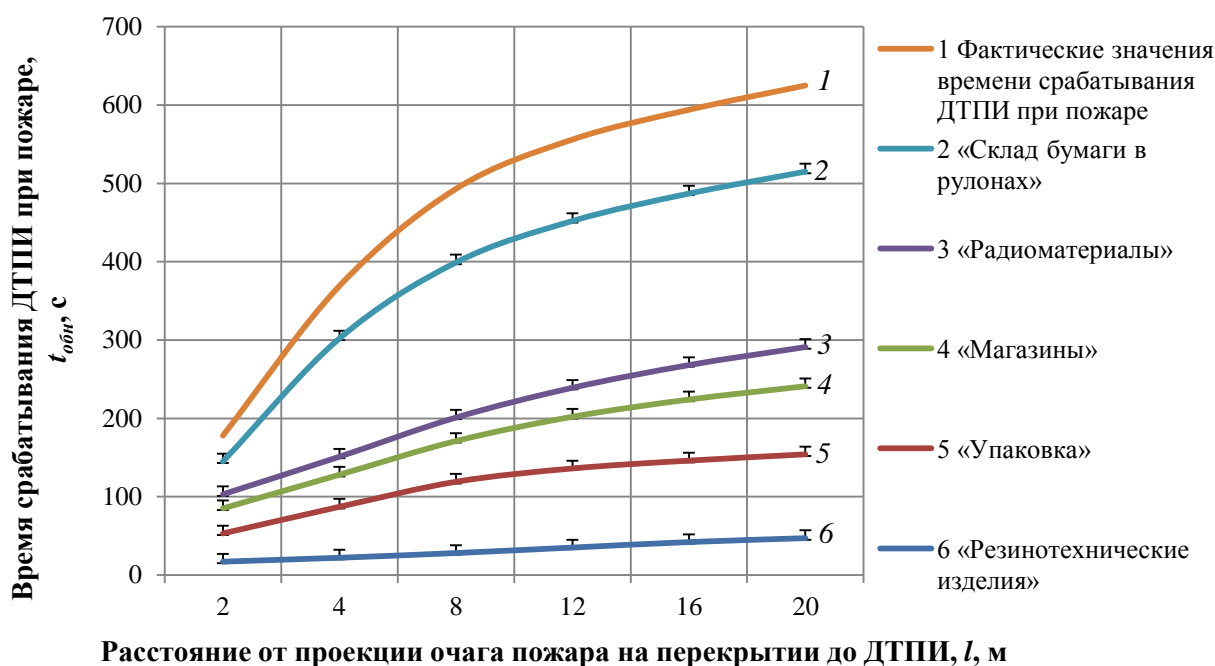


Рисунок 3 — График отбора альтернатив по соотношению расчетных значений оптической плотности дыма с ее фактическим эталонным значением, контролируемым ДТПИ

В результате расчетов динамики ОФП с помощью полевого метода с использованием программного комплекса «Фогард — НВ» (разработчик ООО «Интернэкс») определялось расчетное время достижения значений ОПД в пределах от 0,05 до 0,2 дБ/м в непохожих помещениях, с различной плоскостью горения и расстояниями от ДТПИ до очага пожара. При этом устанавливалась связь области расчетных значений ОПД с фактическими, полученными в результате мониторинга среды ДТПИ (см. рисунок 3).

Все расчетные данные в совокупности своей дают изменяющийся рисунок динамики ОФП множество кривых  $\{B\}$  {кривые 1, 2, 3, 4, 5, 6}, при изменении любого из параметров. При этом неизменным рисунком динамики ОФП остается график ОПД, полученный в результате мониторинга среды при пожаре от времени срабатывания ДТПИ — множество  $\{A_{\text{факт}}\}$  {множество точек кривой 1}, и поэтому является эталонным для отбора одной из множества расчетных версий  $\{B\}$ .

Таким образом, изменяющийся характер множества кривых динамики ОФП представляет собой исчерпывающий перечень версий по очагу и причине пожара для ЛПР.

Для разработки ЛПР версий результаты можно представить в виде графовой модели пространственно-временной связи места расположения очага пожара и вида горючего материала и времени наступления пороговых значений ОПД, контролируемых ДТПИ (рисунок 4).

Количество вершин графа  $G$  соотносится с количеством ДТПИ, установленных в помещении  $\nu(G)$ , которые срабатывают в промежутке времени, под влиянием динамики ОФП (2):

$$G = (t_{обн}(G), l(G)), \quad (2)$$

$$t_{обн} = f(l, S, H, F, h). \quad (3)$$

Здесь  $t_{обн}(G)$  — множество вершин графа  $G$ ;  $l(G)$  — множество ребер графа  $G$ ;  $l$  — расстояние от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ, м;  $S$  — площадь помещения очага пожара, м<sup>2</sup>;  $H$  — высота помещения очага пожара, м;  $F$  — вид горючей нагрузки;  $h$  — высота плоскости пожара, м.

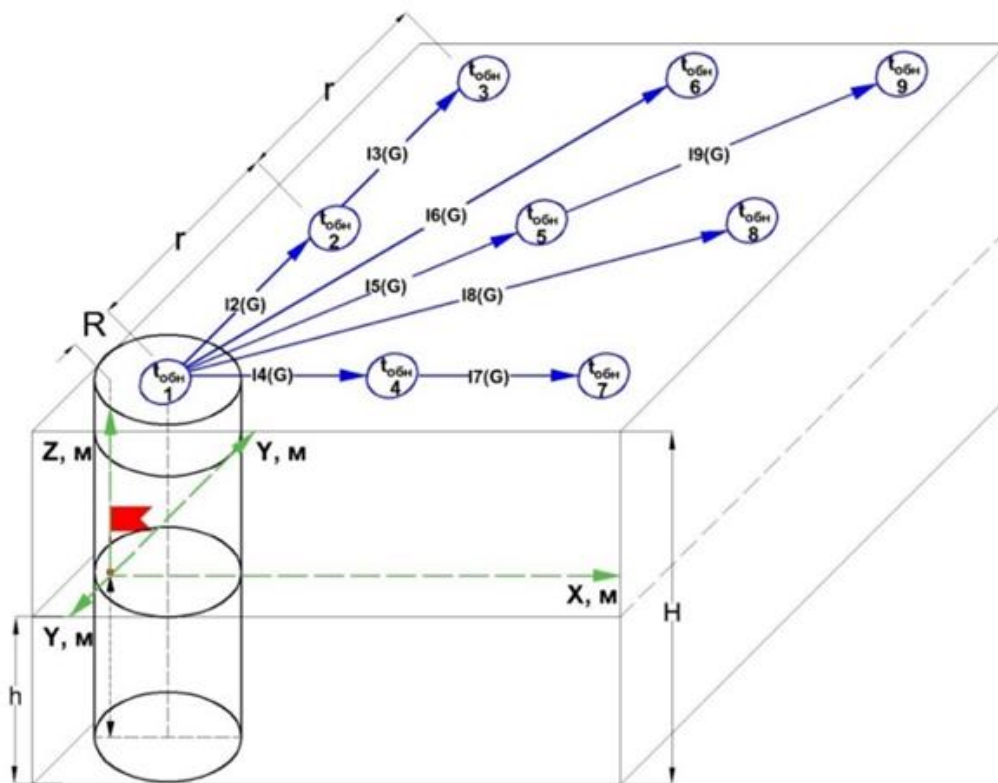


Рисунок 4 — Графовая модель пространственно-временной связи очага пожара и вида горючей нагрузки с динамикой ОПД:

— очаг пожара;  $t_{обн} 1$  — вершины графа  $G$  (расположение в помещении и время срабатывания ДТПИ при пожаре);  $l1 \dots i(G)$  — расстояние от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ;

$R$  — расстояние от очага пожара до первого сработавшего при пожаре ДТПИ, м;  $r$  — расстояние между ДТПИ, м;  $H$  — высота помещения, м;  $h$  — высота плоскости пожара, м

Разработанная пространственно-временная модель на информационном уровне представляет собой процесс усвоения и обработки информации ЛПР в соответствии с методом ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара, позволяющий установить взаимосвязь динамики ОФП с расположением очага пожара в пространстве и видом горючей нагрузки в очаге (4):

$$G_{расч} \sim G_{факт}. \quad (4)$$

Пространственно-временная модель также позволяет оценить взаимосвязь всех элементов с временем начала возникновения пожара  $t_{возн}$  (5), что является важным фактором для ЛПР на начальной стадии расследования

пожара. Так, разница времени срабатывания первого сработавшего при пожаре ДТПИ  $t_1$  и единственного расчетного времени  $t_{обн1}$  достижения ОПД из всех альтернативных, при совпадении расчетной и фактической кривых (когда кривая 1 эквивалентна кривой 3) дает искомое значение времени начала события:

$$t_{возн} = t_1 - t_{обн1}. \quad (5)$$

Полученные значения носят универсальный характер, поскольку утверждают наличие некоторых событий, свойств, отношений в исследуемой предметной деятельности при расследовании пожара на начальной стадии, которые можно представить в виде структуры метода ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений при установлении времени возникновения, места расположения очага пожара и вида горючей нагрузки, показанного на рисунке 5.

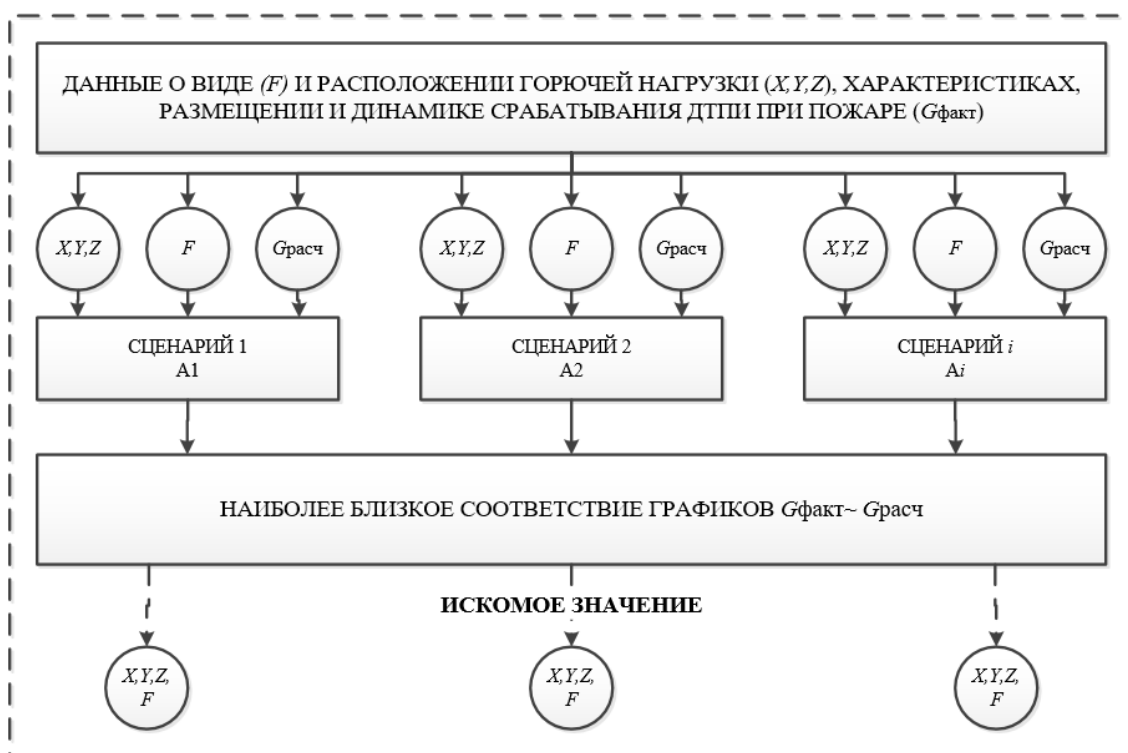
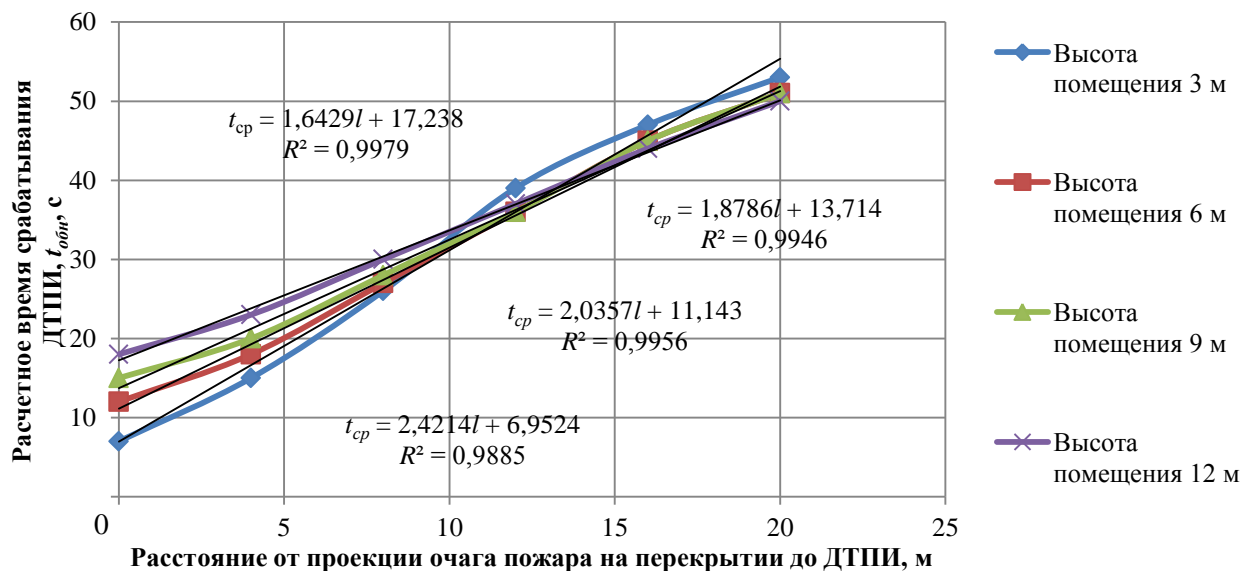


Рисунок 5 — Структура метода ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара

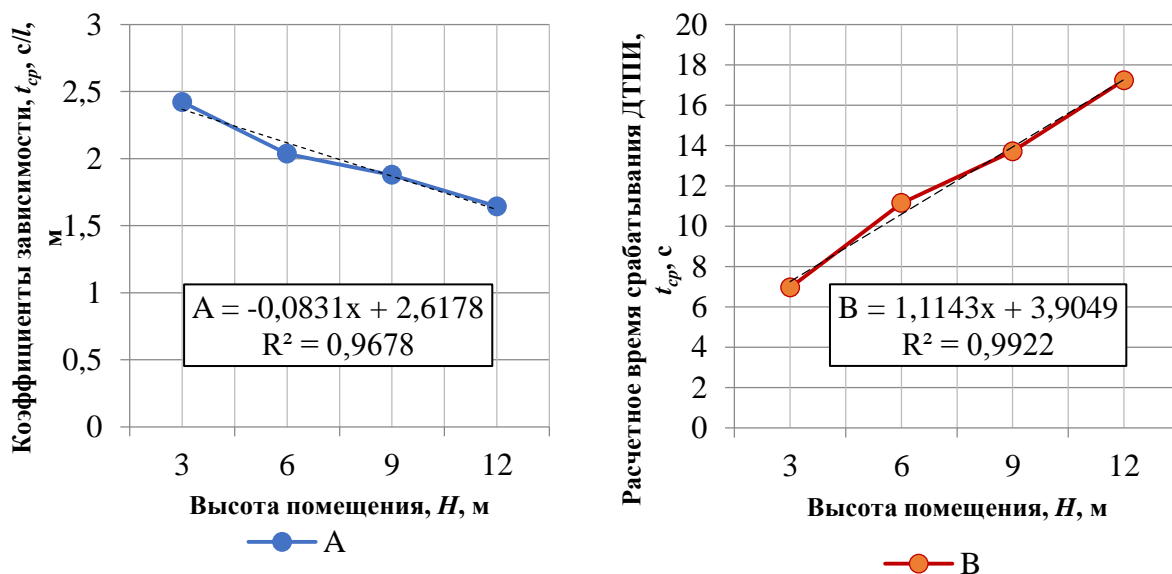
Однако база данных расчетных параметров, полученных путем математического моделирования, и подбор параметров, соответствующих эталонному значению, представляет собой трудоемкий процесс, не пригодный для практического использования по времени для достижения цели.

Для использования метода ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара в практической деятельности в условиях дефицита времени автором настоящего исследования было принято решение разработать эквивалент полевого метода моделирования

динамики ОПД при пожаре, который позволит сократить время достижения результата сравнения расчетных и эталонных значений (рисунок 6). Анализ и обработка данных, полученных в результате исследования, проводились с использованием регрессионного анализа.



а



б

Рисунок 6 — Этапы разработки экспресс-оценки:

а — первый этап «Получение графика зависимости расчетного времени срабатывания ДТПИ от расстояния от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ»

$t_{cp} = A \cdot l + B$ , где  $A = f(H)$  и  $B = f(H)$ ; б — второй этап «Получение графика зависимости коэффициентов A, B от высоты помещения»

С учетом полученных зависимостей в этих двух этапах была разработана формула экспресс-оценки времени срабатывания ДТПИ при пожаре в помещении площадью от 1600 м<sup>2</sup> и более  $t_{обн}$ , при горючей нагрузке «Радиоматериалы: поли- (этилен + стирол + пропилен) гетинакс»:

$$t_{\text{обн}} = ((-0,0831H + 2,6178)l + (1,1143H + 3,9049)) \cdot P_{\Gamma} + t_{\text{ин.ДТПИ}},$$

где  $H$  — высота помещения, м (от 3 до 12 м);  $t_{\text{ин.ДТПИ}}$  — инерционность ДТПИ (указана в технических условиях и паспортах на извещатели конкретных типов), с;  $l$  — расстояние от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ, м (до 20 м);  $P_{\Gamma}$  — коэффициенты высоты плоскости пожара (представлены ниже):

*при удалении ДТПИ от очага пожара:*

$$l \in [0-4) P_{\Gamma} = (0,0011l - 0,0079)x + (-0,0032l + 1,007);$$

$$l \in [4-8) P_{\Gamma} = (0,0007l - 0,0034)x + (-0,0007l + 0,994);$$

$$l \in [8-12) P_{\Gamma} = 0,00076x + 0,989;$$

$$l \in [12-16) P_{\Gamma} = 0,0006x + 0,989;$$

$$l \in [16-20] P_{\Gamma} = 0,0004x + 0,995.$$

Здесь  $x$  — уровень плоскости пожара (от 0 до 75 % высоты помещения), %:

$$x = \frac{h}{H} \cdot 100 \%,$$

где  $h$  — высота плоскости пожара, м.

По приведенной выше методике разработаны формулы экспресс-оценки времени срабатывания ДТПИ при пожаре  $t_{\text{обн}}$  для помещений площадью 100–1600 м<sup>2</sup> и более с использованием следующих видов горючих нагрузок:

- «Резинотехнические изделия»;
- «Упаковка»;
- «Магазины»;
- «Радиоматериалы»;
- «Бумага в рулонах».

Область эффективного применения данной методики:

- расстояние от проекции очага пожара на перекрытии до ДТПИ в пределах 20 м;
- уровень плоскости пожара в пределах 0–75 % от высоты помещения очага пожара.

Скорость решения задачи с использованием экспресс-формулы увеличилась в 3–5 раз, что дает возможность ЛПР разработать в полной мере достаточное количество версий по расположению очага в пространстве вместе с исчерпывающим количеством видов горючих материалов. Трудоемкость при разработке версий снижается в 3–5 раз, позволяет ЛПР соблюсти требования законодательства к срокам расследования пожара и составит 87 часов вместо 435–461 рабочих часа при использовании полного полевого моделирования. Погрешность разработанных формул экспресс-оценки времени достижения пороговых значений ОПД не превышает 9 %, что подтверждает возможность их использования при расследовании и экспертизе пожаров.

Вторым этапом разработки информационно-аналитической поддержки является разработка алгоритма информационно-аналитической поддержки принятия решений об обстоятельствах возникновения и развития пожара,

позволяющего адекватно квалифицировать нарушения требований пожарной безопасности (рисунок 7).

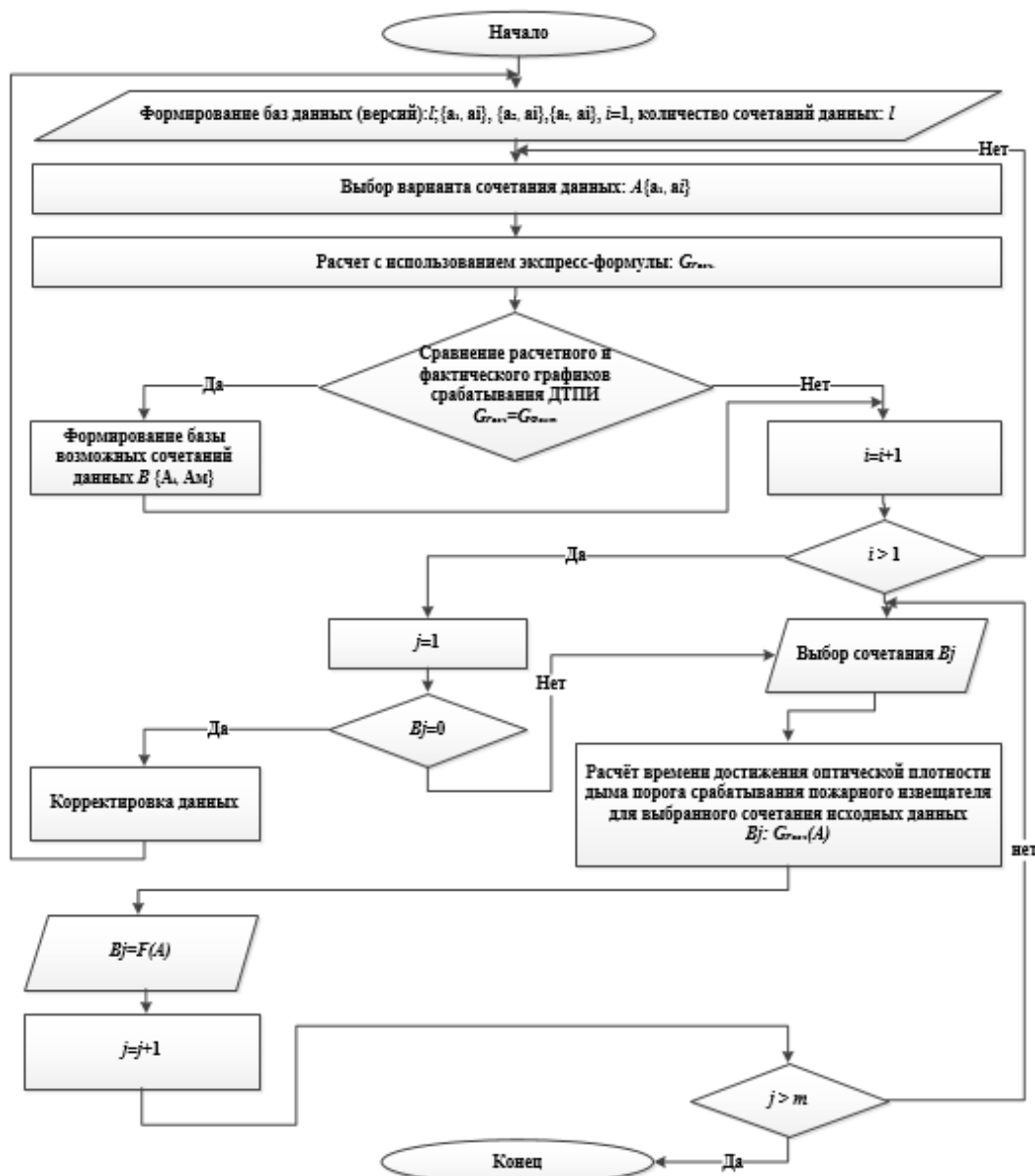


Рисунок 7 — Алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров

Основные этапы разработанного алгоритма представлены ниже.

1. При формировании базы данных (версий) о сочетании вида горючей нагрузки и расположении очага пожара в помещении проводят анализ термических поражений: признаки очага пожара и направленности распространения горения, а также учитывают результаты как инструментальных исследований, так применения вспомогательных методов определения очага пожара, анализируют косвенные признаки очага пожара, используют показания свидетелей.

2. На основе полученных первоначальных данных в результате мониторинга среды при пожаре адресной системой АПС разрабатывается эталонная версия динамики ОПД.



3. Согласно математическому моделированию с учетом экспресс-оценки разрабатывается исчерпывающий перечень версий по координатам расположения очага в пространстве и различных видов горючих материалов.

4. По результатам оценки и отбора расчетных версий динамики ОФП и фактических значений ОПД используется полная версия полевого метода моделирования пожара для проверки единственной версии.

Учитывая оценку проверенной версии, ЛПР принимает решение по адекватной квалификации нарушений требований пожарной безопасности.

**В третьей главе** рассмотрен полученный автором настоящего исследования характер взаимосвязи системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты на основе динамики ОПД при пожаре (рисунок 8), что позволит ЛПР диагностировать взаимосвязь динамики ОФП с конкретными условиями и обстоятельствами очага и причины пожара и выявить причинно-следственную связь нарушений требований пожарной безопасности с причинением вреда.

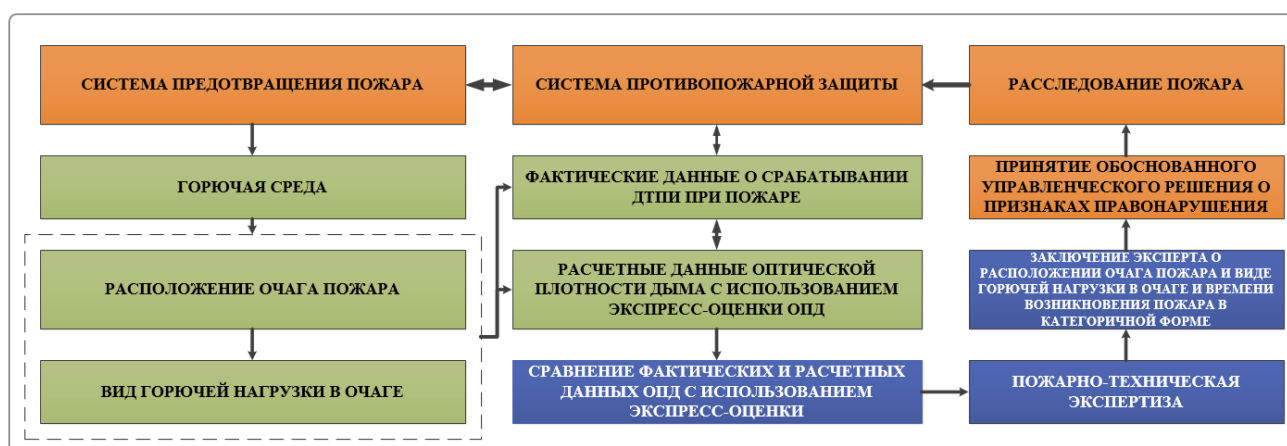


Рисунок 8 — Характер взаимосвязи системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты

Характер системных связей элементов системы обеспечения пожарной безопасности носит причинную направленность. Это означает, что управление системой обеспечения пожарной безопасности при расследовании пожара возможно осуществлять с учетом координат вероятного места возникновения пожара и горючей нагрузки на основе разработки, оценки и отбора множества сценариев функционирования системы противопожарной защиты. Такое положение позволяет применять адекватную квалификацию нарушений требований пожарной безопасности.

При этом при квалификации нарушений требований возможны ситуации, в которых координаты очага пожара и вида горючей нагрузки будут влиять на эффективность мер пожарной безопасности, связанных причинно-следственно с причинением вреда.

Поэтому при анализе соответствия системы предотвращения пожара и противопожарной защиты требованиям пожарной безопасности в условиях отсутствия следов, уничтоженных пожаром, обеспечивается надежная

информационная поддержка, позволяющая ЛПР устанавливать адекватную квалификацию нарушений требований пожарной безопасности.

Таким образом, ожидаемый результат информационно-аналитической поддержки при расследовании пожаров на первоначальном этапе достигнут, поскольку возможности ЛПР по принятию единственно правильного решения на основании категоричного вывода эксперта могут быть реализованы с учетом использования метода ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара с учетом времени, отводимого законодательством для производства экспертиз и расследования пожара (рисунок 9).

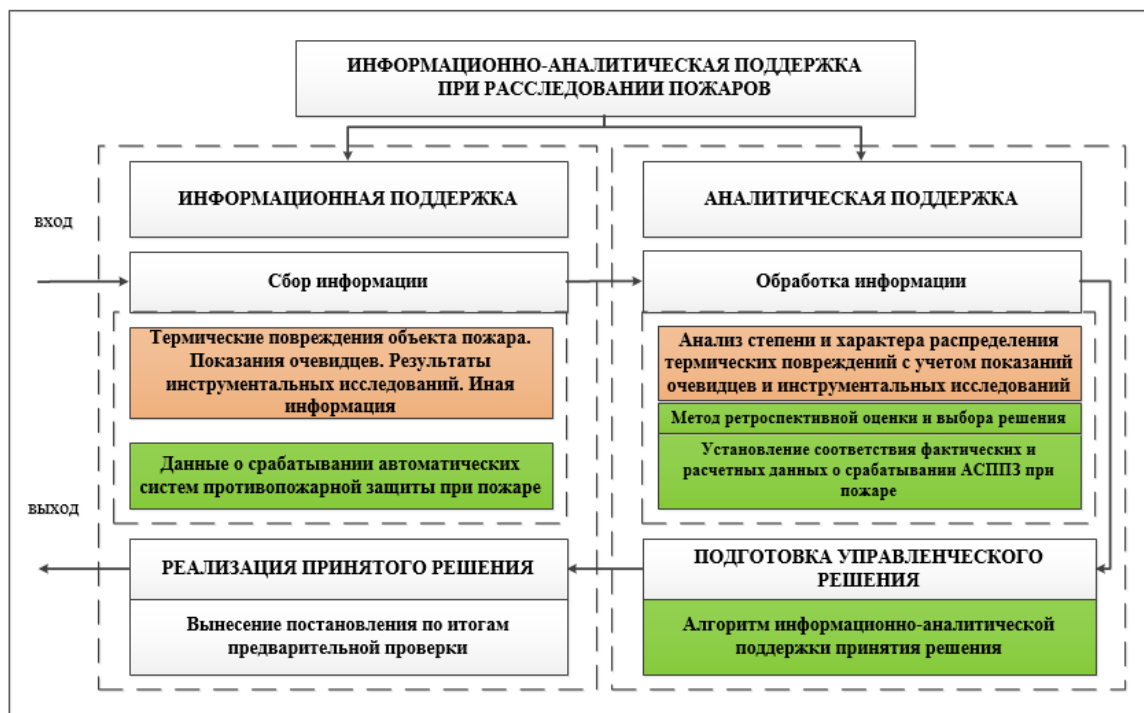


Рисунок 9 — Схема информационно-аналитической поддержки при расследовании пожаров:

- существующие блоки;
- предлагаемые блоки;
- АСППЗ — автоматическая система противопожарной защиты

Предлагаемая схема информационно-аналитической поддержки позволит снизить степень информационной неопределенности и повысить достоверность решений ЛПР.

Автором данного исследования разработана компьютерная программа (в системе MATLAB) для информационно-аналитической поддержки принятия решений дознавателями органов ГПН ФПС. Компьютерная программа предназначена для аналитической обработки и представления данных о фактическом срабатывании ДТПИ при пожаре, а также расчетного моделирования достижения пороговых значений ОПД при пожаре, с использованием экспресс-оценки.

Использование компьютерной программы «Реконструкция развития пожара» для расчета по экспресс-формулам позволяет дополнительно упростить оценку и выбор решений и сократить время расчетов до 1–2 минут. Пример вывода результатов по подбору расположения очага пожара и вида горючей нагрузки представлен на рисунке 10.

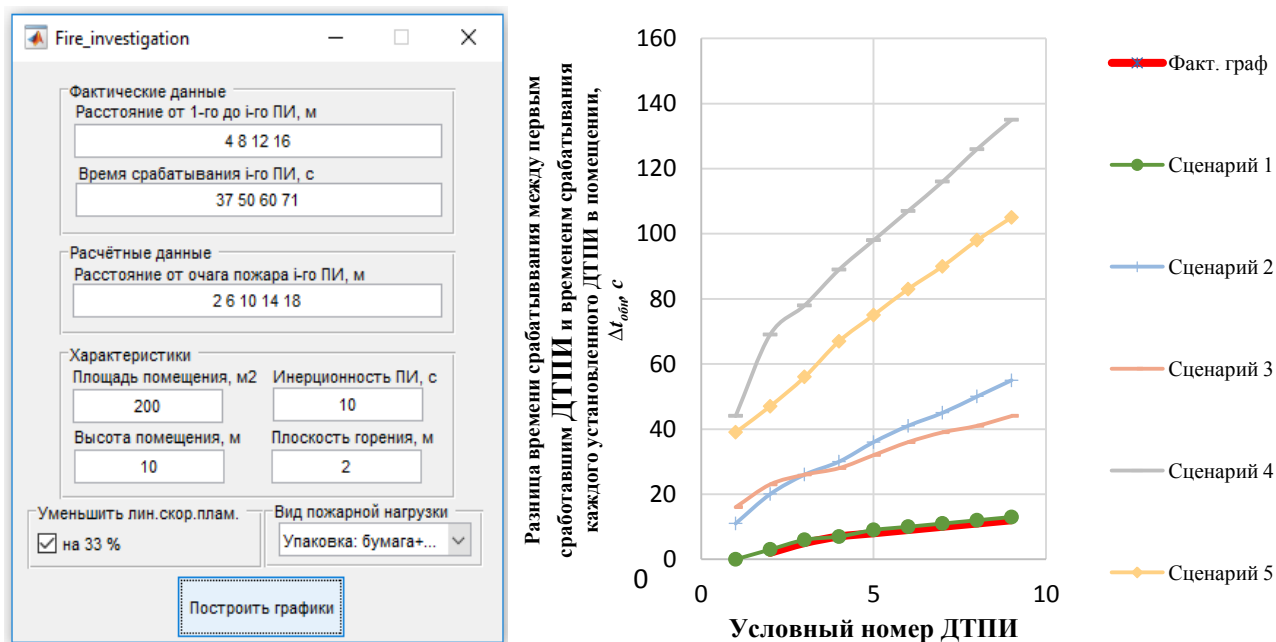


Рисунок 10 — Программа «Реконструкция развития пожара»: а — интерфейс программы; б — вывод результатов по подбору расположения очага пожара и вида горючей нагрузки

Так, принятие решения об обстоятельствах пожара (расположение очага пожара, вид горючей нагрузки в очаге и время начала пожара) с использованием персональных компьютеров основано на соотношениях расчетных и фактической кривых ОПД. Результаты применения разработанной программы могут использоваться для обоснования выводов только в комплексе с имеющимися в материалах дела других данных относительно обстоятельств возникновения и распространения пожара. На применение данной схемы и получение предварительных данных о виде горючей нагрузки и расположении очага пожара в помещении необходимо не более одного дня вместо двадцати дней на производство судебной пожарно-технической экспертизы.

Предложены изменения и дополнения в документ «Методология судебной пожарно-технической экспертизы» (далее — Методология), предназначенный для методической поддержки деятельности пожарно-технических экспертов по производству судебных пожарно-технических экспертиз и исследований. В части «1. Установление очага пожара» Методологию следует дополнить формулировкой в следующей редакции:

«п.4.2 Основные группы информации, используемые при установлении очага пожара:

- результаты компьютерного моделирования пожара;

– данные по срабатыванию средств противопожарной защиты»;

«п.4.5 В качестве вспомогательного метода при дифференциации очага пожара и очагов горения могут использоваться данные о динамике срабатывания системы адресной или адресно-аналоговой пожарной сигнализации».

В части «2. Развитие горения во времени и пространстве» Методологию следует дополнить формулировкой в следующей редакции:

«Реконструкция пожара, по возможности, должна строиться на результатах применения расчетных методик с применением компьютерного моделирования. Например, реконструкция процесса развития горения из предполагаемого очага возможна на основе соотношения расчетных данных времени достижения ОПД, полученных с помощью полевого метода моделирования и фактических данных времени срабатывания адресных ДТПИ при пожаре».

При судебной пожарно-технической экспертизе в среднем рассматривается экспертами 3–5 типовых версий возникновения и распространения пожара, в случае применения полевого метода моделирования для анализа такого количества версий потребуется от 261 до 435 часов рабочего времени, что составляет от 33 до 55 рабочих дней. Применение предлагаемого алгоритма позволяет сократить количество анализируемых версий при экспертизе пожара, требующей расчета ОФП с помощью эквивалента полевого метода моделирования в виде экспресс-оценки, до одной.

Следовательно, социальный и экономический эффект представляет собой сокращение срока проведения экспертизы — в части расчета ОПД и стоимости производства экспертизы в 3–5 раз — до 87 часов, т. е. 11 рабочих дней.

Эффективность и качество принятия решений с применением разработанного метода и алгоритма заключается в получении целевого результата первоначального этапа расследования пожаров, который должен учитывать следующие показатели исследования обстоятельств пожара:

- законность;
- быстрота;
- всесторонность;
- полнота;
- объективность.

Таким образом, выражают степень решения задач и уровень достижения целей расследования следующие составляющие:

- эффективность — проявляется в отношении к служебным затратам на расследование пожара;
- качество расследования — показывается в отношении к предъявляемым требованиям.

Результаты применения информационно-аналитической поддержки оказывают влияние на устойчивость модели принятия решений при расследовании пожаров и приведены на рисунке 11.

**РЕЗУЛЬТАТ: ЗАКОННОЕ,  
БЫСТРОЕ, ВСЕСТОРОННЕЕ, ПОЛНОЕ,  
ОБЪЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ ПОЖАРА**

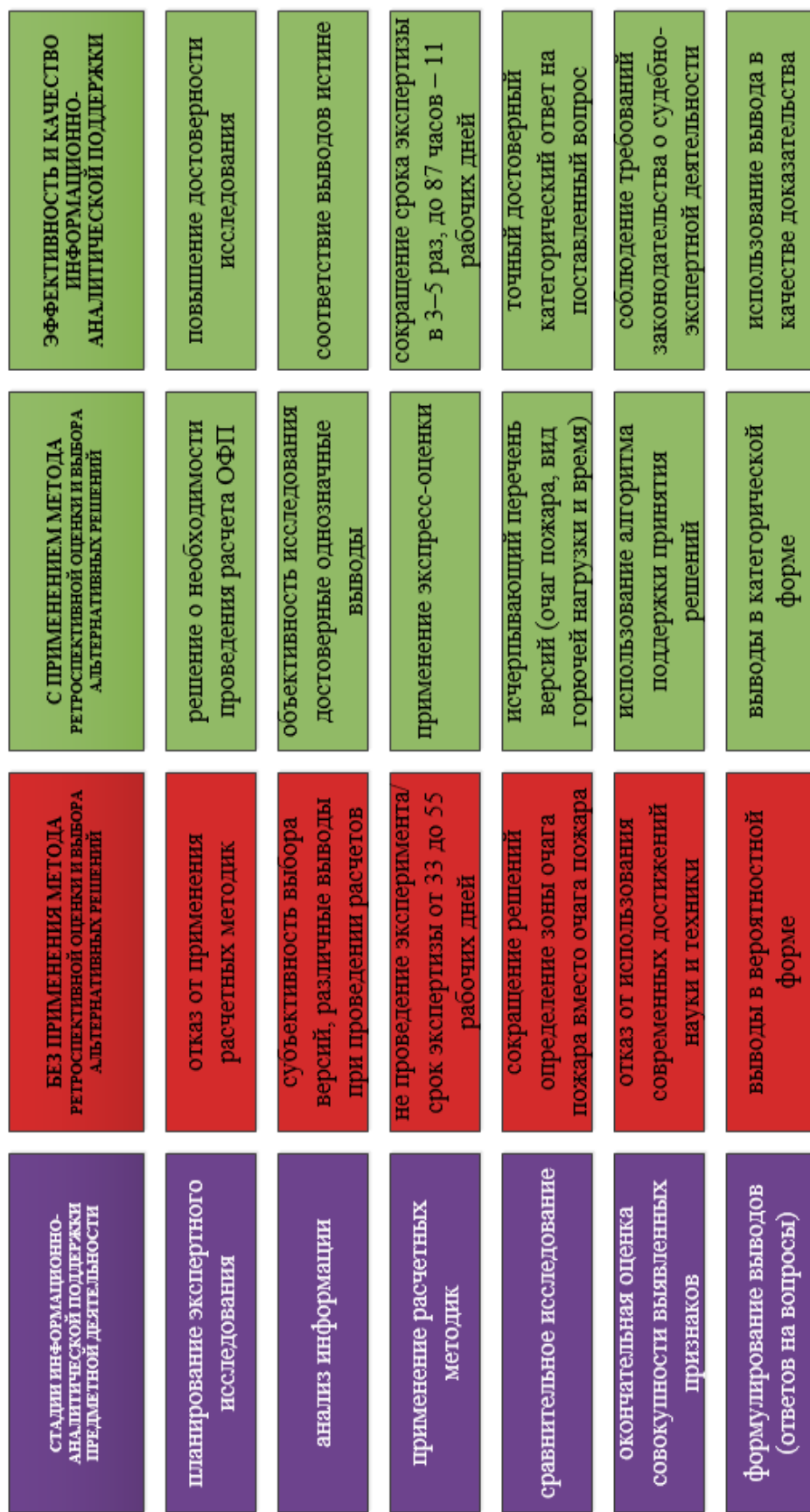


Рисунок 11 — Результаты информационно-аналитической поддержки принятия решений с применением разработанного метода и алгоритма

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате диссертационного исследования и разработки информационно-аналитической поддержки принятия решений деятельность по расследованию пожара будет осуществляться в условиях определенности даже в случае уничтожения пожаром материальных следов происшествия. Устойчивость модели принятия решений с учетом ограничения по времени позволяет принять категорические решения в обязательном порядке с учетом экспресс-оценки альтернативных решений.

2. Пространственно-временная модель позволяет ЛПР установить причинно-следственные связи между нарушениями требований пожарной безопасности и наступившими опасными последствиями, поэтому квалификация нарушений требований пожарной безопасности адекватна природе связанных между собой событий и обстоятельств: возникновения очага в пространстве и причины пожара во времени события по условию достоверности.

3. Снижение степени информационной неопределенности на первоначальном этапе расследования пожаров может быть достигнуто применением разработанного метода ретроспективной оценки и выбора альтернативных решений по очагу и причине пожара, основанного на ретроспективном сравнении фактических значений мониторинга ОПД при пожаре с ее расчетными значениями, полученными путем численного эксперимента при реконструкции пожара.

4. В целях повышения эффективности и качества управления деятельностью по расследованию пожаров разработан алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений на первоначальном этапе расследования пожаров.

В результате применения разработанного алгоритма повышается достоверность исследования за счет снижения субъективности при выборе наиболее вероятных версий об обстоятельствах возникновения и развития пожара. При этом все версии тщательно и всесторонне проверены с применением математического моделирования с помощью его информационного эквивалента — экспресс-оценкой, позволяющей вписаться ЛПР в отрезок времени, отводимый законодательством на расследование.

5. Все версии, кроме одной, будут опровергнуты фактическими результатами мониторинга среды на основе динамики ОПД при пожаре. Только одна версия получит подтверждение объективной действительности с полной несомненностью вполне достоверными доказательствами — природой явления, зафиксированной аппаратами мониторинга среды. Эта версия находится в полном соответствии со всеми обстоятельствами, полностью их объясняет и является единственно возможным выводом из всех обстоятельств.

Применение разработанного алгоритма позволяет сократить время принятия решения в 3–5 раз, что составит 87 часов вместо от 435 до 461 рабочих часов.

Устойчивая модель принятия решений ЛПР на достоверной основе с использованием разработанного метода и алгоритма позволяют на основе выявленных пространственно-временных связей очага пожара, вида горючей среды, динамики ОФП и времени срабатывания ДТПИ адекватно квалифицировать нарушения требований пожарной безопасности, находящихся в причинно-следственной связи с опасными последствиями пожара.

**Основные положения диссертации опубликованы  
в следующих рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК:**

1. Плешаков, В.В. Правовое регулирование отношений в области применения требований пожарной безопасности при проведении судебных экспертиз по пожарам [Электронный ресурс] / В.В. Плешаков, В.И. Козлачков, И.А. Лобаев // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – № 4 (50). – 4 с. – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2013-4/2013-4.html> (дата обращения 01.10.2019 г.).

2. Плешаков, В.В. Корректировка методов принятия экспертных решений о причинной связи между невыполнением требований пожарной безопасности и последствиями пожара [Электронный ресурс] / В.В. Плешаков, В.И. Козлачков, И.А. Лобаев // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 5(57). – 4 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/11-05-14.ttb.pdf> (дата обращения 07.10.2019 г.).

3. Плешаков, В.В. Категорирование сложности судебных пожарно-технических экспертиз [Электронный ресурс] / В.В. Плешаков, Н. Отгонбаяр, Е.В. Лендель и др. // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2(66) – 5 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/08-02-16.ttb.pdf> (дата обращения 15.10.2019 г.).

4. Плешаков, В.В. Реконструкция процесса возникновения и распространения пожара с учётом параметров системы обнаружения опасных факторов пожара [Электронный ресурс] / В.В. Плешаков, И.А. Лобаев, Д.А. Вечтомов // Технологии техносферной безопасности. – 2018 – № 3(79). – 9 с. DOI: 10.25257/TTS.2018.3.79.19-27. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-3/04-03-18.ttb.pdf> (дата обращения 01.11.2019 г.).

5. Плешаков, В.В. Поддержка принятия управленческих решений при расследовании пожаров на основе экспресс-оценки параметров опасных факторов пожара [Электронный ресурс] / И.А. Лобаев, Д.А. Вечтомов, В.В. Плешаков и др. // Технологии техносферной безопасности. – 2018 – № 5 (81). – 8 с. DOI: 10.25257/TTS.2018.5.81.38-45. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-5/04-05-18.ttb.pdf> (дата обращения 11.11.2019 г.).

6. Плешаков, В.В. Информационная модель пространственной связи очага пожара и дымовых точечных пожарных извещателей при расследовании и экспертизе пожаров [Электронный ресурс] / В.В. Плешаков // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 1 (83). – 7 с. DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.93-100. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-1/06-01-19.ttb.pdf> (дата обращения 21.11.2019 г.).

7. Плешаков, В.В. Концептуальная модель деятельности по поддержке управленческих решений на начальном этапе расследования пожаров [Текст] / И.А. Лобаев, В.В. Плешаков // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 4 (86). – 8 с. DOI: 10.25257/TTS.2019.4.86.79-86. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-4/07-04-19.ttb.pdf> (дата обращения 21.10.2020 г.).

**Остальные публикации по теме диссертации:**

8. Плешаков, В.В. Проблемы квалификации нарушений требований пожарной безопасности [Текст] / В.В. Плешаков, И.А. Лобаев, А.А. Волошенко // Проблемы техносферной безопасности – 2012: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 48 с.

9. Плешаков, В.В. Проблема применения специальных знаний при производстве нормативной пожарно-технической экспертизы [Текст] / В.В. Плешаков, В.И. Козлачков, И.А. Лобаев, Т.А. Козлов, С.Е. Андросенко // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Недели науки (декабрь 2013). – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 190 с.

10. Плешаков, В.В. Ориентирование производства нормативной пожарно-технической экспертизы на состав преступления [Текст] / В.В. Плешаков, В.И. Козлачков, И.А. Лобаев, Т.А. Козлов // Современное состояние и перспективы развития судебно-экспертных учреждений ФПС. Подготовка кадров для ИПЛ в вузах системы МЧС России: сб. материалов межвузовского научно-практического семинара 26 февраля 2014 г. – Иваново: ФГБОУ Ивановский институт ГПС МЧС России, 2014. – 78 с.

11. Плешаков, В.В. Применение мер административной ответственности за нарушение требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода [Текст] / В.В. Плешаков, В.И. Козлачков, И.А. Лобаев // Проблемы и перспективы судебной пожарно-технической экспертизы: сб. статей по материалам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 22 октября 2015 г. / Сост.: Ю.Н. Бельшина, Ф.А. Дементьев. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – 127 с.

12. Плешаков, В.В. Реконструкция начальной стадии пожара на основе экспресс-оценки времени срабатывания дымовых точечных пожарных извещателей при пожаре [Текст] / В.В. Плешаков, И.А. Лобаев, Д.А. Вечтомов, И.А. Лобаев, В.Р. Джуган // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам XXVIII Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». – Москва: Интернаука, 2018. – № 16 (28). – 134 с.

Подписано в печать 11.12.2020 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Печать офсетная. Печ. л. 1,5. Тираж 120 экз. Заказ № 402  
Академия ГПС МЧС России, 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4