

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

На правах рукописи



Зайченко Юлия Сергеевна

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ГАРНИЗОНЫ**

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

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Шкунов Сергей Александрович

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ГАРНИЗОНОВ	11
1.1 Анализ системы управления распределением пожарных автомобилей.....	12
1.2 Управление распределением пожарных автомобилей в исторической ретроспективе.....	21
1.3 Особенности применения моделей поддержки управления распределением пожарных автомобилей	24
1.4 Анализ информационных решений в распределении пожарных автомобилей	38
Выводы по первой главе	43
ГЛАВА 2 МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ГАРНИЗОНЫ	45
2.1 Формализация понятий критериев оценки состояния подразделений.....	45
2.1.1 Оперативная готовность пожарно-спасательных подразделений	47
2.1.2 Техническая готовность пожарно-спасательных подразделений.....	48
2.1.3 Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями	49
2.2 Разработка критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями.....	50
2.2.1 Математическая модель расчета критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями.....	50
2.2.2 Алгоритм расчета критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями.....	52

2.3	Возможность применения критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями в модели поддержки принятия решений.....	54
2.4	Модель и алгоритмы ранжирования и группировки территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.....	56
2.4.1	Моделирование при исследовании распределения пожарных автомобилей .	57
2.4.2	Математическая модель поддержки управления распределением пожарных автомобилей	59
2.5	Алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей	63
2.6	Ранжирование вариантов поддержки управления распределением пожарных автомобилей	66
2.7	Схематическое описание системы поддержки принятия решений по распределению пожарных автомобилей.....	67
	Выводы по второй главе	69
	ГЛАВА 3 ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	71
3.1	Информационные ресурсы для поддержки управления распределением пожарных автомобилей	72
3.2	Практическая реализация информационной системы	87
3.2.1	Сбор данных для реализации поддержки управления распределением пожарных автомобилей	87
3.2.2	Этапы расчета модели поддержки принятия решений по распределению пожарных автомобилей	89
3.3	Применение модели поддержки управления распределением пожарных автомобилей на примере субъектов Уральского федерального округа Российской Федерации	90
	Выводы по третьей главе	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	105
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	106

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Значения занятости пожарной техники и оснащённости современными образцами техники и оборудования в субъектах Российской Федерации	125
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Листинг программы для ЭВМ «Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной техники»	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Свидетельства о государственной регистрации баз данных и программы для электронно-вычислительных машин	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Акты внедрения	144

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Практика борьбы с пожарами в Российской Федерации определяет прямую связь между качеством тушения пожаров и уровнем оснащения территориальных пожарно-спасательных гарнизонов пожарными автомобилями. Рассматривая организационную систему управления материально-техническим обеспечением территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, можно сделать вывод, что увеличение количества пожарных автомобилей одновременно приводит и к увеличению материальных эксплуатационных затрат. Специфика динамики угроз, возникающих при пожарах, определяет необходимость разработки новых современных пожарных автомобилей, что требует внедрения в существующую модель принятия решений, дополнительного критерия, характеризующего время эксплуатации пожарного автомобиля. Поэтому при принятии решений по распределению пожарных автомобилей необходимо учитывать одновременно несколько критериев. Внедрение дополнительного критерия приводит к возникновению методологического противоречия, состоящего в том, что, с одной стороны, модель поддержки управления, основанная на большем количестве критериев, является более объективной и информативной, с другой стороны, увеличение количества критериев определяет существенное увеличение необходимого объема информационных ресурсов для применения модели на практике. Для решения данного противоречия в рамках теории организационного управления используют системы поддержки управления, позволяющие ранжировать варианты решений для их дальнейшего анализа и группировки, что особенно важно при принятии решений в условиях ограниченных ресурсов.

Степень разработанности темы. Проблемами, связанными с процессом разработки и исследованием методологических основ систем поддержки принятия решений в задачах ресурсного обеспечения территориальных

пожарно-спасательных гарнизонов, занимались отечественные ученые: Н.Н. Брушлинский и С.В. Соколов [1 – 6], Н.Г. Топольский [7 – 8] совместно с В.А. Минаевым [9, 10], Д.В. Тараканов [11, 12] и С.А. Шкунов [13] совместно с В.В. Роевко [14, 15], Ю.В. Прус [16, 17], В.А. Седнев [18, 19], А.А. Таранцев [20 – 21] совместно с А.Л. Холостовым [22], М.Д. Безбородько [23], А.Н. Денисов [24], А.А. Порошин и А.В. Матюшин [25 – 27], А.И. Мазаник [28 – 31], А.П. Сатин [32 – 35], А.Д. Семенов [36, 39, 42], А.Г. Бубнов и И.В. Сараев [37–42]; зарубежные ученые: П.С. Блум [116], П. Вагнер [3, 43, 117] совместно с Х. Хервег [117].

Однако теоретических исследований практической реализации функции распределения пожарных автомобилей между пожарно-спасательными гарнизонами в организационной системе управления материально-техническим обеспечением до настоящего времени не было.

Цель работы – совершенствование процедур принятия решений при поддержке управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны.

Задачи исследования:

1. Провести анализ организационной системы управления материально-техническим обеспечением пожарными автомобилями территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.

2. Разработать критерий оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями и алгоритма его расчета для оценки уровня оснащения.

3. Разработать математическую модель поддержки принятия решений при распределении пожарных автомобилей, которая предполагает оценку по критериям оперативной, технической готовности и оснащенности современными пожарными автомобилями территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.

4. Создать алгоритмы по ранжированию и группировке территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.

5. Разработать структуры информационных ресурсов для аналитической процедуры ранжирования и группировки территориальных пожарно-спасательных гарнизонов в целях распределения пожарных автомобилей.

6. Доказать достоверность теоретических положений исследования, а также возможность использования их на практике при реализации процедур распределения пожарных автомобилей между территориальными пожарно-спасательными гарнизонами.

Объект исследования – процесс распределения пожарных автомобилей.

Предмет исследования – модель и алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны.

Научная новизна. В процессе выполнения диссертационной работы были получены новые научные результаты:

– критерий оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями. Разработанный критерий позволяет учесть срок эксплуатации пожарных автомобилей, увеличивая объективность процедуры принятия решений по распределению пожарных автомобилей между территориальными пожарно-спасательными гарнизонами;

– модель и алгоритмы поддержки управления при ранжировании и группировке территориальных пожарно-спасательных гарнизонов для распределения пожарных автомобилей, учитывающие оценки по критериям оперативной, технической готовности и оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными автомобилями;

– информационные ресурсы поддержки управления при ранжировании и группировке территориальных пожарно-спасательных гарнизонов для распределения пожарных автомобилей, представляющие собой структурированные данные, полученные в результате мониторинга оперативной, технической готовности пожарных автомобилей и оснащенности

пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями Российской Федерации.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теоретических положений управления материально-техническим обеспечением территориальных пожарно-спасательных гарнизонов на основе модели, алгоритмов и информационных ресурсов поддержки управления при ранжировании и группировке территориальных пожарно-спасательных гарнизонов по критериям оперативной, технической готовности пожарных автомобилей и оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями.

Практическая значимость работы заключается в создании информационной системы поддержки принятия решений при реализации функции распределения пожарных автомобилей в организационной системе управления материально-техническим обеспечением территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.

Методология и методы исследования. В процессе исследования были использованы методы теории управления, системного анализа, многокритериальной оптимизации, математической статистики и теории вероятности.

Результаты исследования внедрены в следующие виды практической деятельности:

– деятельность Департамента образовательной и научно-технической деятельности МЧС России при разработке перспективных проектов и исследованиях в области разработки пожарно-спасательных автомобилей;

– учебный процесс Академии Государственной противопожарной службы МЧС России при проведении занятий на кафедре пожарной техники в составе учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники по дисциплине «Управление материально-техническим обеспечением»;

– научную деятельность Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны при выполнении

научно-исследовательской работы «Обоснование исходных данных для формирования программы развития ВВСТ в части МЧС России до 2035 года»;

– деятельность Главного управления МЧС России по Свердловской области для оценки оснащения местных пожарно-спасательных гарнизонов и ранжирования вариантов распределения пожарных автомобилей в пределах территориального пожарно-спасательного гарнизона;

– деятельность Главного управления МЧС России по Ивановской области для анализа оснащенности пожарно-спасательных подразделений, рациональному и обоснованному распределению пожарных автомобилей между ними.

На защиту выносятся:

– критерий оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями, его математическая модель и алгоритм расчета;

– модель поддержки управления распределением пожарных автомобилей, учитывающая оценки по критериям оперативной, технической готовности и оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями;

– алгоритмы ранжирования и группировки территориальных пожарно-спасательных гарнизонов в порядке предпочтительности для оснащения пожарными автомобилями, разработанные на основе систематизации процедур анализа управленческих решений;

– информационная система поддержки принятия решений по распределению пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны, содержащая результаты мониторинга оперативной, технической готовности и оснащенности пожарными автомобилями пожарно-спасательного гарнизона.

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность полученных результатов основана на использовании в исследованиях апробированного математического аппарата, применяемого при решении задач

управления ресурсами в социально-экономических системах, выдвижении и проверке статистических гипотез с использованием критерия Пирсона, использовании принципов рационального выбора в процедурах принятия решений, а также сходимостью результатов исследования с результатами, полученными другими авторами.

Основные результаты диссертационной работы доложены на:

1. Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности» (Москва, 2017, 2019 гг.);
2. Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2018» (Москва, 2018 г.);
3. Международной научно-практической конференции «Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности» (Москва, 2018 г.);
4. Всероссийском круглом столе «Актуальные вопросы пожаротушения» (Иваново, 2020 г.);
5. V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности» (Москва, 2021 г.).

Публикации. По тематике диссертационной работы опубликовано 18 научных публикаций, из них: 4 в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России, получено 3 свидетельства о государственной регистрации базы данных и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Роспатент.

Личный вклад автора. В работах, которые опубликованы в соавторстве в изданиях, рекомендованных ВАК, все результаты, составляющие научную новизну и выносимые на защиту, получены автором лично.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Общий объем работы составляет 150 страниц. Работа иллюстрирована 33 рисунками, содержит 22 таблицы. Список литературы включает в себя 124 наименования.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ГАРНИЗОНОВ

В федеральном законодательстве определено, что «пожарно-спасательный гарнизон (далее – ПСГ) – это совокупность расположенных на определенной территории органов управления, подразделений и организаций, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно-спасательных работ» [44].

ПСГ представляют собой разветвленную сеть, которая охватывает всю площадь Российской Федерации. Они необходимы «для решения задач по организации и осуществлению профилактики пожаров, спасению людей и имущества при пожарах, оказанию первой помощи, организации и осуществлению тушения пожаров и проведению аварийно-спасательных работ – тех основных задач, поставленных перед пожарной охраной» [44].

На территории Российской Федерации расположено 85 территориальных ПСГ [45]. В них объединены подразделения пожарной охраны, которые территориально расположены в границах одного субъекта Российской Федерации. Структурной единицей любого ПСГ являются подразделения, которые необходимы для предупреждения и тушения пожаров, а также ликвидации других чрезвычайных ситуаций. Они размещаются в пожарном депо, а также обеспечиваются подготовленным к выполнению основных задач личным составом, на своем вооружении имеют необходимые мобильные средства пожаротушения и другие технические средства, которые необходимы для того, чтобы реализовать выполнение определенных законодательством функций [44].

При этом мобильные средства пожаротушения – это пожарные автомобили (далее – ПА), которые используются личным составом подразделений для тушения пожаров [46].

Оперативные действия сотрудников и работников пожарно-спасательных подразделений (далее – ПСП) и гарнизона в целом, а также их обеспечение современными ПА (так как чем новее автомобиль, тем износ узлов и деталей у него меньше, что снижает количество отказов при работе) позволит выполнять основные задачи в более короткий срок, что не только спасет жизни людей, но и снизит ущерб от пожара. Данной проблематикой занимались многие ученые нашей страны. Одним из важнейших направлений в этой деятельности является анализ оснащения ПСГ для управления распределением ПА в территориальные ПСГ на примере оперативной и технической готовности и оснащенности ПСГ автомобилями.

1.1 Анализ системы управления распределением пожарных автомобилей

На современном этапе развития человечества происходит актуализация и совершенствование управленческих процессов в разветвленной сети государственных органов. Управление – это систематическое, целенаправленное, сознательное воздействие людей как на общество в целом, так и на отдельные его звенья (социальную жизнь, производство, экономику), с помощью познания и использования объективных закономерностей, а также прогрессивных тенденций в целях обеспечения его эффективного функционирования и развития [47].

Управление – это один из неотъемлемых процессов функционирования сложной системы, помогающий решать целый ряд задач. Без него невозможна и деятельность Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России).

Документом [48] в Российской Федерации регламентированы следующие «режимы функционирования органов управления и сил в системе МЧС России:

- повседневной деятельности;
- повышенной готовности;
- чрезвычайной ситуации (далее – ЧС)».

При этом режим повседневной деятельности подразумевает под собой «функционирование структурных подразделений центрального аппарата, территориальных органов МЧС России, подразделений Федеральной противопожарной службы, спасательных воинских формирований (далее – СВФ), аварийно-спасательных формирований, военизированных горно-спасательных частей, Государственной инспекции по маломерным судам и организаций МЧС России, с учетом того, что если угроза возникновения ЧС отсутствует, то выполняются мероприятия, предполагающие поддержание в готовности органов управления, сил и средств (далее – СиС) к выполнению возложенных на них задач» [48].

В [49] определено, что ЧС – это «обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей».

Структурные подразделения МЧС России ежедневно ведут работу в режиме «повседневной деятельности», а пожары при этом характеризуются понятием «чрезвычайная ситуация», так как они приводят к гибели или травмированию людей, значительным материальным потерям, наносят ущерб окружающей среде [49]. Рисунок 1.1 графически отображает зависимость количества пожаров от их причины по годам [50].

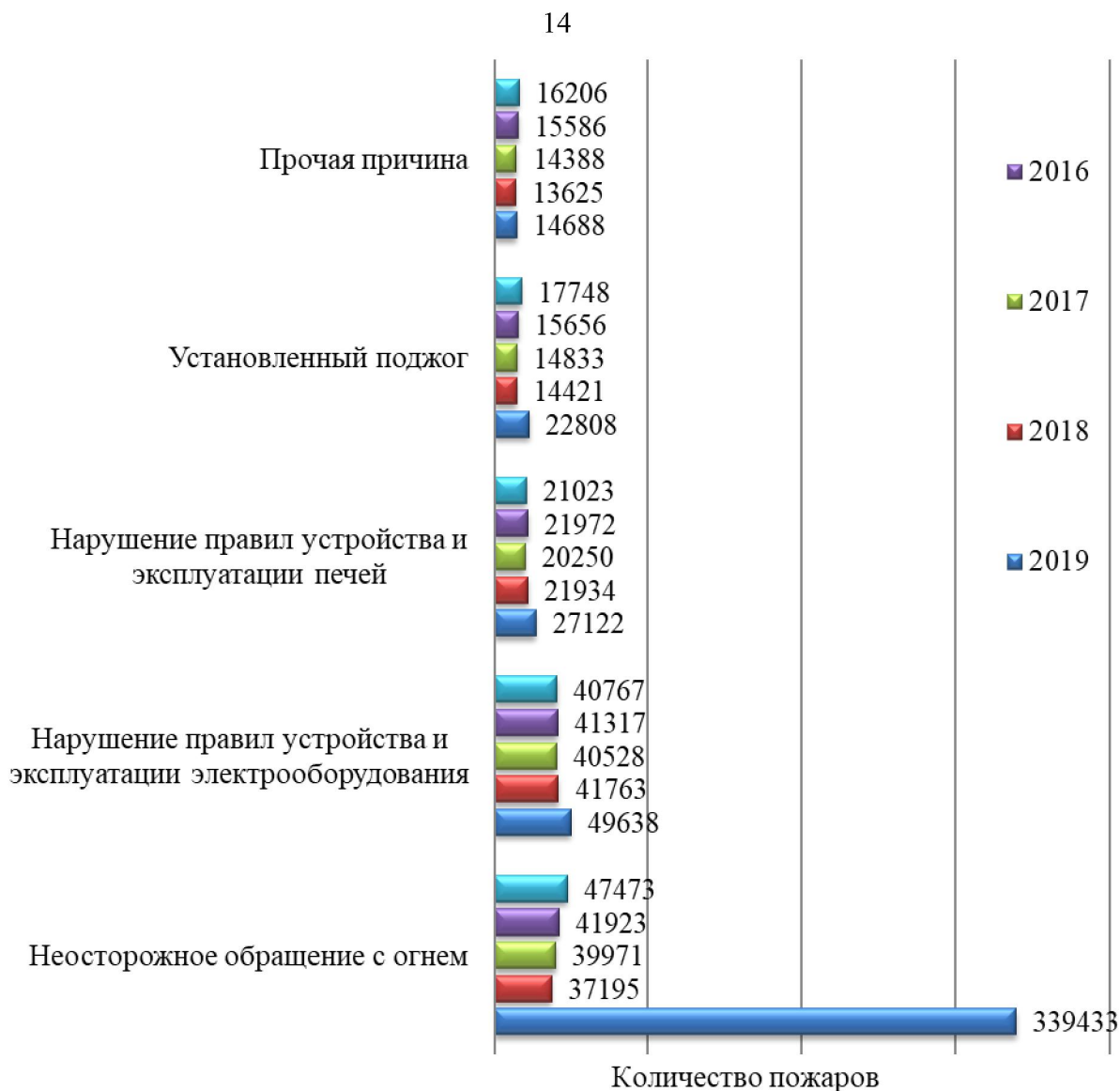


Рисунок 1.1 – Основные причины пожаров в территориальных границах Российской Федерации в 2015–2019 гг.

Из рисунка 1.1 видно, что большее количество пожаров происходит из-за неосторожного обращения с огнем, а неосмотрительные действия, как правило, приводят к непредсказуемым последствиям: колоссальному материальному ущербу, вреду здоровью и гибели людей.

Поэтому анализ проблем, возникающих в управленческой деятельности, особенно при реализации повседневного режима готовности ПСГ, выявляет целый ряд проблемных вопросов: оперативное реагирование на вызовы, техническая готовность подразделений в течение времени, достаточность привлекаемых СИС, их оснащение. На первом этапе решения данного вопроса

необходимо изучить статистические данные о пожарах в разных странах, проанализировать ущерб, который наносят пожары.

По всему миру есть организации, которые ведут учет данных о статистике пожаров. Одна из них – Международная ассоциация пожарных и спасательных служб. Она каждый год анализирует 27–57 стран мира, в которых проживают 0,9–3,8 млрд человек [118]. В исследуемых странах ежегодно было зарегистрировано 2,5–4,5 млн пожаров, которые повлекли за собой гибель 17–62 тыс. человек, а за период с 1993 по 2018 гг. жертвами пожаров стали более 1,083 млн человек [118].

Организации, ведущие статистический учет, ежегодно публикуют данные о количестве пожаров в разных странах и составляют рейтинг. Благодаря этому можно оценить эффективность мер по борьбе с пожаром в разных странах, выявить тенденции пожарной обстановки.

Ведение мировой статистики по пожарам помогает в различных отраслях. Так, например, требования и методики по строительству и энергетике при разработке опираются на статистические данные.

В соответствии со ст. 27 [44], в Российской Федерации функционирует единая государственная система статистического учета пожаров и их последствий. Официальный статистический учет этих данных осуществляет Государственная противопожарная служба.

По статистике, с каждым годом количество пожаров в Российской Федерации и гибель людей на них имело тенденцию снижения, однако в 2019 г. показатели значительно возросли (таблица 1.1) [50], так как [51] слово «загорание» было исключено, что привело к росту указанных выше показателей.

Таблица 1.1 – Динамика числа пожаров в России в 2013–2019 гг.

Показатели	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Число пожаров, ед.	152 959	150 437	145 942	139 475	132 844	131 840	471 426
Число погибших на пожарах, чел.	10 601	10 138	9 405	8749	7816	7909	8559

Из-за резкого увеличения значений, спрогнозировать количество пожаров и последствия от них на данный период времени невозможно. Тем не менее необходимо учитывать, что последствия от пожаров зачастую очень велики не только в материальном плане, они наносят колоссальный экологический ущерб, причиняют не только вред здоровью людей, но и уносят человеческие жизни, поэтому, исследуя поддержку решений в области распределения мобильных средств пожаротушения, получится снизить вред, причиненный пожарами.

Перечисленные выше последствия зависят от оперативного прибытия ПСП к месту вызова, достаточности и исправности технических средств и оборудования, возможности техники справиться с поставленной задачей. Точная реализация основных задач, четкое управление СиС, квалифицированное руководство процессом пожаротушения – всё это в совокупности снизит не только перечисленные выше последствия от пожара, но и сохранит не одну человеческую жизнь.

На гибель людей при пожарах влияют различные факторы, ниже приведены некоторые из них:

- позднее обнаружение пожара;
- долгое следование оперативных служб к месту вызова;
- неверное информирование о месте пожара;
- плохое знание района выезда ПСП;
- человеческий фактор и пр.

Следует учитывать, что в соответствии с п. 1 ст. 76 [46] дислокация ПСП в границах поселений и городских округов определяется следующим условием: первое подразделение должно прибыть к месту вызова за время, не превышающее 10 мин, тогда как в сельских поселениях этот норматив увеличен до 20 мин. Среднее время прибытия первых ПСП к месту пожара представлено в рисунке 1.2 [50].

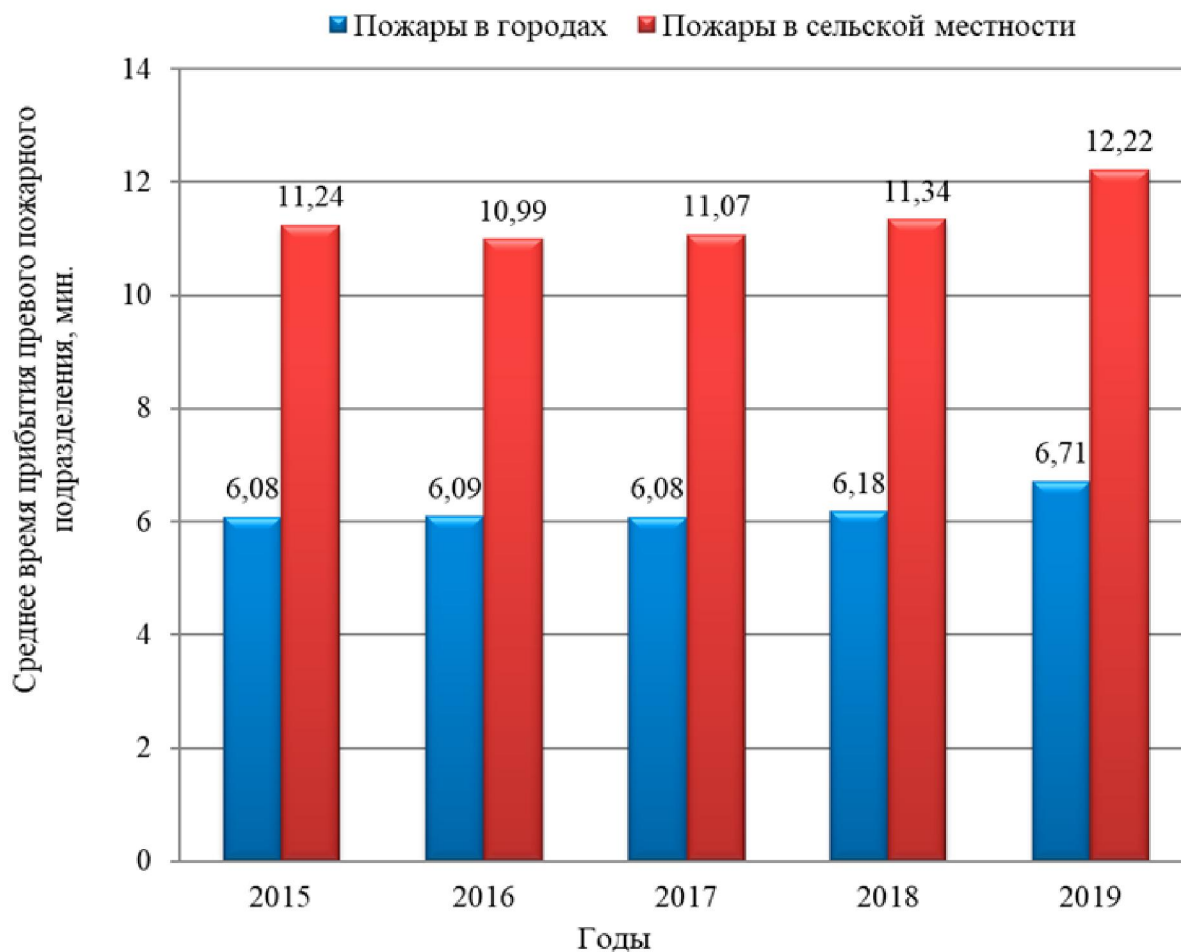


Рисунок 1.2 – Среднее время прибытия первых ПСП в городах и сельской местности в 2015–2019 гг.

Из рисунка 1.2 видно, что за последние годы идет увеличение показателей, ведь на значения времени прибытия ПСП оказывает влияние дорожная обстановка, состояние дорог, удаленность объекта от места дислокации подразделения, состояние автомобиля, его скорость и другое. Около 90 % жертв от пожаров приходится на период до прибытия первых ПСП к месту пожара [44]. Поэтому чем быстрее приедут ПСП, тем больше вероятность избежать жертв при пожаре. Однако нормативное время прибытия первого ПСП не учитывает время сообщения о пожаре, а также время развертывания СиС на месте вызова, разведку пожара. В комплексе со временем прибытия указанные выше показатели приводят к необратимым последствиям.

Именно поэтому важным фактом, который в большей степени оказывает влияние на возможность автомобиля выполнять задачи по назначению,

является ее достаточность и состояние, на что, в свою очередь, влияет ее рациональное распределение.

Неотъемлемой составляющей, характеризующей оснащенность, является исправность ПА. В соответствии с [52]: «Исправное состояние (исправность) машины – состояние образца техники, при котором он соответствует всем требованиям эксплуатационных, нормативно-технических и (или) конструкторских документов». Исправность техники нарушается ее отказами. «Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния единицы техники, при котором она пригодна к использованию по назначению (боевому применению), а значения всех параметров функционирования, характеризующих способность техники выполнять работу по назначению, соответствуют требованиям нормативно-технической документации» [52].

Отказы техники при ведении боевых действий по тушению пожара оказывают негативное влияние на своевременное выполнение задач по предназначению ПСГ. На рисунке 1.3 представлен процент отказов основных ПА, эксплуатирующихся в умеренном и холодном климате в период с 2013 по 2017 гг. [53].

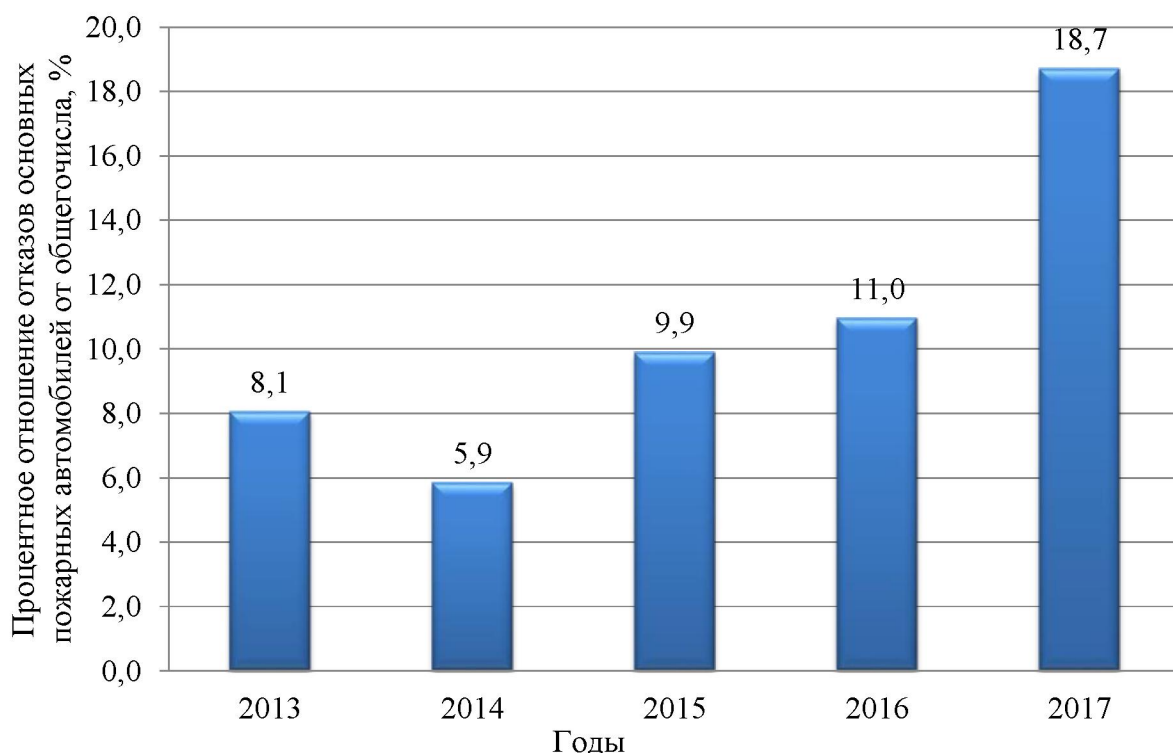


Рисунок 1.3 – Процентное отношение отказов основных ПА, которые эксплуатируются в умеренном и холодном климате в 2013–2017 гг.

Из рисунка 1.3 видно, что в период с 2014 по 2017 гг. количество отказов увеличилось практически в 2,3 раза [54]. В основном пожарно-спасательная техника, наиболее часто подвергающаяся отказам, – это та техника, срок службы которой превысил нормативные, поскольку чем больше срок службы, тем больше износ узлов и деталей. В соответствии с законодательством, срок службы ПА в период с момента ввода в эксплуатацию и до момента списания составляет 10 лет [55]. Исследования в данной области показали, что на территории страны более половины из числа основных ПА используются с превышающими данный показатель значениями [56]. Анализ автомобилей, необходимый для исследования оснащенности ПСП, отражает, что более 2/3 ПА используются со сроком службы, превышающим показатель в 10 лет (рисунок 1.4). Это оказывает негативное воздействие на выполнения задач по назначению в целом.

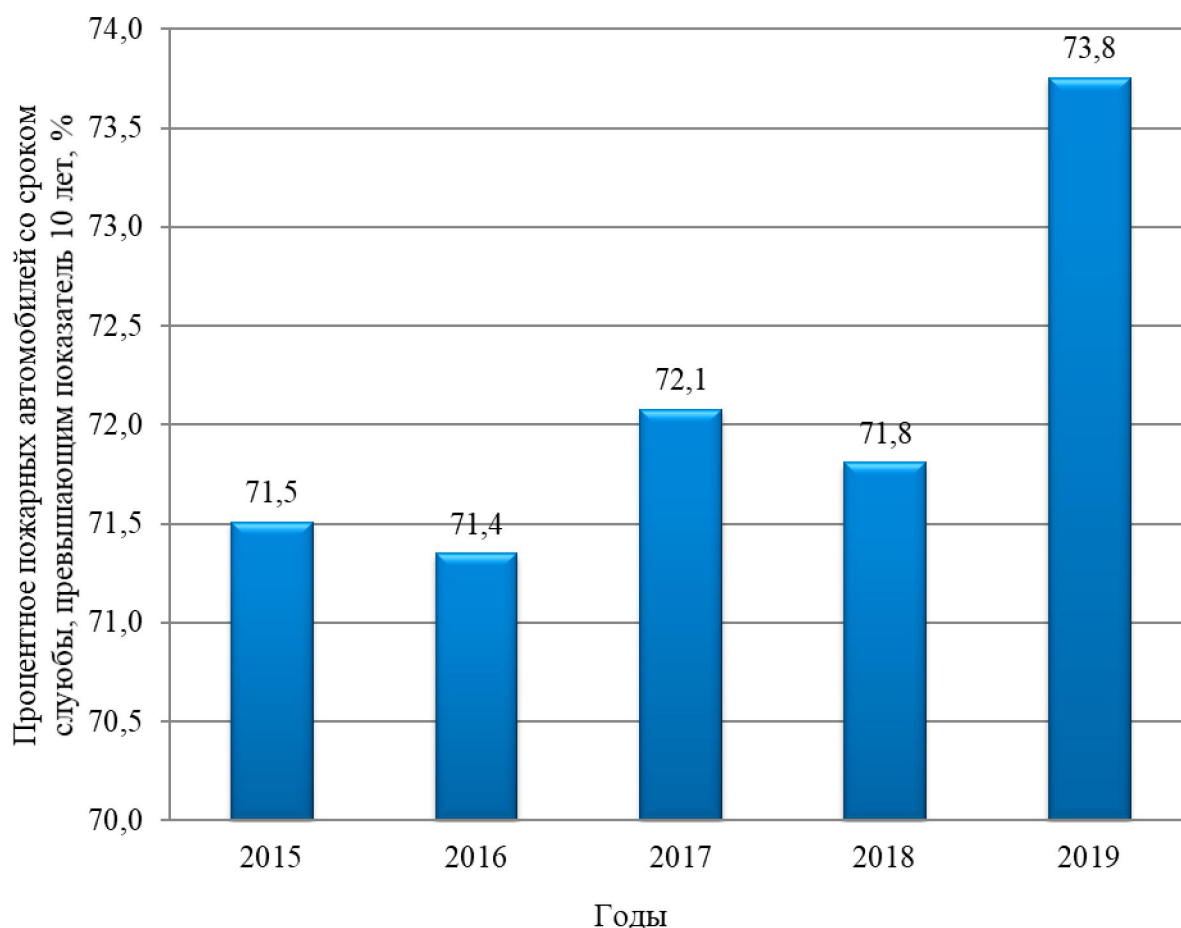


Рисунок 1.4– Износ парка ПА со сроком службы, превышающим 10 лет, в период с 2015 по 2019 гг.

Из рисунка 1.4 можно определить, что с каждым годом срок службы ПА увеличивается, так как происходит недостаток финансирования и нерациональное распределение ресурсов в данной области.

Однако в результате непрерывного процесса модернизации нормативной правовой базы, активного мониторинга новейших разработок и внедрения различных технологий совершенствования подразделений пожарной охраны за последние 5 лет происходит постепенное снижение некоторых важных показателей. Так, количество погибших на пожарах за 5 лет снизилось на 9%, а пострадавших – на 14% (рисунок 1.5) [50].

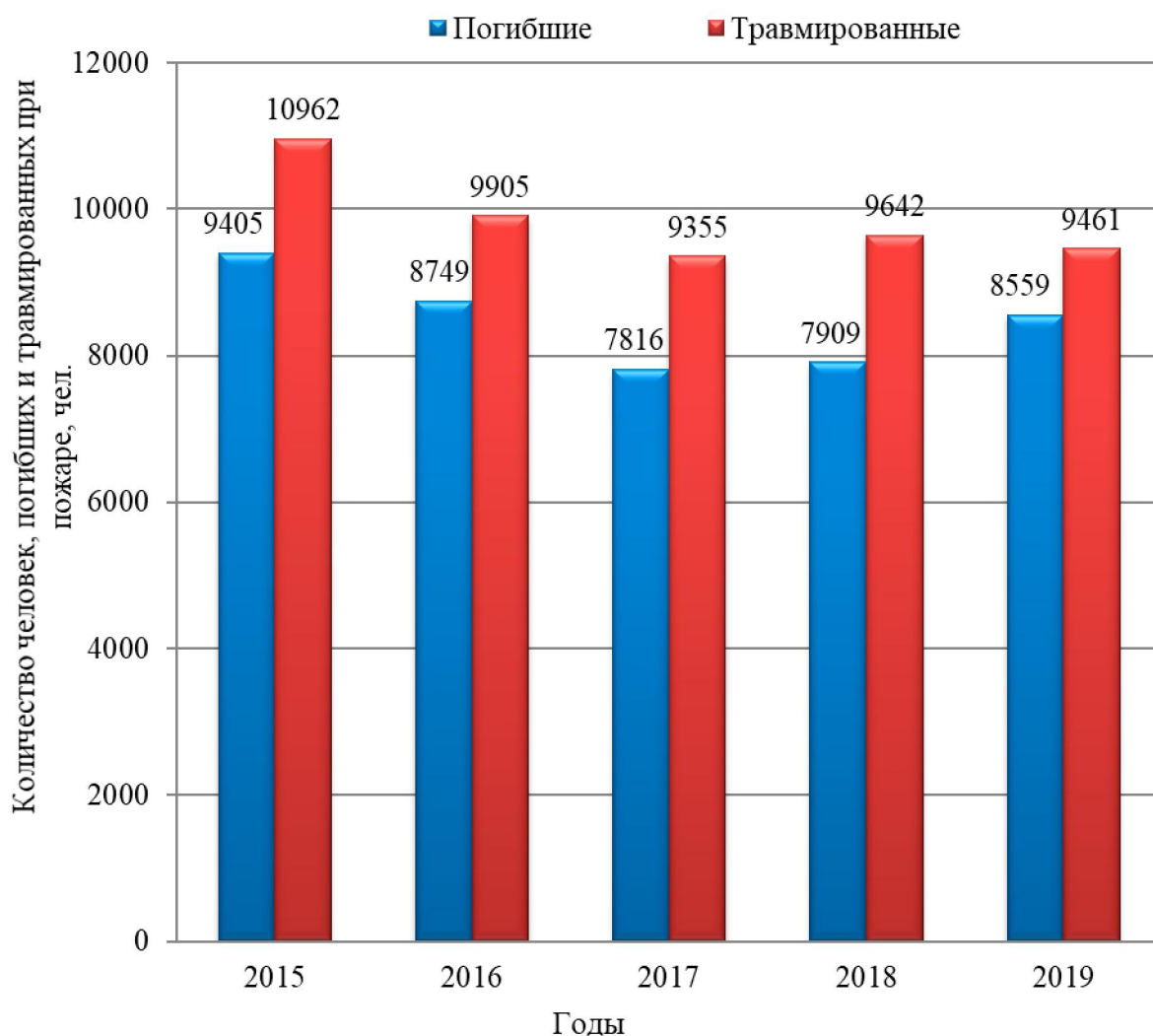


Рисунок 1.5 – Статистические данные о гибели людей при пожарах в период с 2015 по 2019 гг. в Российской Федерации

По статистическим данным на 2018 г. количество погибших в зданиях и на транспорте от пожара на 100 тыс. человек составляет 5,2 [118]. Для сравнения, в США это значение равно 1,1, при численности населения и количеству пожаров почти в 2 раза превышающих эти значения в Российской Федерации [118].

Хотя показатели, представленные на рисунке 1.5, имеют курс на снижение, однако численные значения по-прежнему велики. И они могли быть меньше, как и количество отказов пожарных автомобилей, при существенном обновлении парка пожарной техники и замене некоторого процента автомобилей, отработавших свой ресурс (см. рисунок 1.4). Именно поэтому необходимо детальное исследование оперативной и технической готовности ПСП, а также оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования и их применение в комплексе для их применения при распределении ПА и выведения системы поддержки принятия решений в данной области на новый качественный уровень.

«Достижение целей обеспечения государственной и общественной безопасности осуществляется путем реализации государственной политики, направленной на решение одной из задач: комплексное развитие правоохранительных органов, специальных служб, подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований в соответствии с решаемыми ими задачами, повышение уровня их технической оснащенности, усиление социальной защищенности их сотрудников, совершенствование системы профессиональной подготовки специалистов в области обеспечения государственной и общественной безопасности» [57].

1.2 Управление распределением пожарных автомобилей в исторической ретроспективе

С древних времен люди постоянно сталкивались с разного рода опасностями как естественными, так и антропогенными.

С того момента, как человек научился добывать огонь, возникло и само понятие «пожарная опасность», которая включает в себя три стадии: возникновение, развитие и последствия пожара. Вместе с процессом развития человечества развивались знания об окружающей природе, в частности, и знания об огненной стихии. Люди поняли, что хоть и опасность от огня велика, но возможность ведения борьбы с ним есть. В первых древних цивилизациях (Египет, II тысячелетие до н.э.) загорания тушили водой из глиняной посуды [58]. Процесс развития пожарной охраны начинается с Древнего Рима – именно там и была сформирована пожарная служба. Еще в первом веке до нашей эры для того, чтобы защитить свои владения от огня, состоятельные горожане организовывали пожарные команды, которые набирались из числа рабов. Такие пожарные команды помогали ликвидировать пожары в городе.

С Октавианом Августом связывают переход на новый этап процесса развития пожарной охраны: в 6 г. н. э. в Риме случился огромный пожар, затронувший значительную часть города. Император вынужден был собрать большую пожарную команду, которую в дальнейшем собирался распустить, но убедившись в хорошем решении задач, отказался от задумки. Так, в Риме возник внушительный корпус пожарных, численностью 7 тыс. чел., размещенный по всему городу из расчета, что каждая тысяча пожарных обслуживала два смежных района (весь город разделялся на 14 районов). В каждом районе находился караульный пост. Всю ночь пожарные не спят: патруль ходит по району с водой, ведрами и топорами и в случае пожара немедленно приступает к его ликвидации [59]. Таким образом, еще в начале I в. н. э. у людей было понимание оперативной готовности, конечно, не в том понятии, в котором оно существует сейчас. Именно тогда была выявлена необходимость своевременного прибытия на пожар для снижения его последствий.

Состав пожарного оборудования того времени включал в себя ручные насосы и ведра, лестницы и длинные шести, губки и большие лоскутные одеяла, песок и уксус, топоры и разные крючья, пилы и багры, баллисты. Техника пожарной службы того времени и отличается от современной, но задачи, стоящие

перед пожарными не претерпели значительных изменений, хотя в условиях использования несовершенных пожарных насосов, которые не способны были на подачу воды в требуемом количестве и слабым напором тушения огня было значительно затруднено [59]. Но даже при таких сложных условиях техническая готовность того времени, как и на данном этапе развития человечества, предполагает исправность средств пожаротушения. При этом процесс совершенствования способов доставки средств тушения к месту пожара был прообразом понятия оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования.

Следование к месту пожара когорты, расположенной в районе пожара, осуществлялось непосредственно после первого сигнала тревоги. Первым к месту горения спешил «акварий» – человек, знающий все бассейны, водонапорные колонки и другие места забора воды, расположенные в его районах. Он отвечал за быстрый и бесперебойный забор воды насосом из бассейна, наименее удаленного от места пожара, или организовывал людей таким образом, что они передавали ведрами воду к насосу или доставляли непосредственно пожарным, заливавшим огонь.

Как ни примитивно было пожарное оборудование (насосы), основную задачу они решали. Именно с их помощью удавалось снизить последствия от пожара [59].

С этого момента прошло более двух тысяч лет, но задача по прибытию на пожар за минимально короткое время, чтобы осуществить локализацию пожара на начальной стадии, а в дальнейшем и его ликвидацию, до сих пор актуальна.

Таким образом, история становления пожарной охраны до того положения, в котором она представлена сейчас, прошла много этапов. Анализ развития пожарной охраны в определенные этапы истории позволяет выявить не только положительные, но и отрицательные аспекты развития пожарного дела. Но на всех этапах развития пожарно-спасательной службы можно выявить три основных значения, которым на протяжении всей истории уделяется значительное внимание:

– быстрота обнаружения и прибытия к месту пожара, предполагающее в общем смысле понятие «оперативной готовности»;

– количество и исправность технических средств, которые непосредственно предназначены для локализации и последующей ликвидации горения, и их совершенствование, характеризующее в общем смысле понятие «технической готовности» и «оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования».

Именно поэтому возникает необходимость обращения основного внимания на подробное изучение этих показателей, как следствие, и на понятие распределения техники в целом.

1.3 Особенности применения моделей поддержки управления распределением пожарных автомобилей

Разработкой моделей, направленных на помощь в управлении распределением ПА, занимались не только в ведущих организациях системы МЧС России, но и зарубежом: Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, Всероссийском ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны, Академии гражданской защиты МЧС России, Ивановской пожарно-спасательной Академии МЧС России, Санкт-Петербургском Университете Государственной противопожарной службы МЧС России, Всероссийском научно-исследовательском институте по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям МЧС России, Берлинской противопожарной службе, Политехническом университете Виргинии и университете штата и т.д.

Разработкой и исследованием компьютерных систем, которые проектируют и реорганизовывают экстренные службы по городам, более пятидесяти лет занимаются профессор Н.Н. Брушлинский и его последователи.

Н.Н. Брушлинский является основоположником целого научного направления – системного анализа и моделирования экстренных и аварийно-спасательных служб (далее – ЭАСС) городов для совершенствования результативности их деятельности. Данное направление используется при анализе и решении проблем организационно-управленческого характера в ЭАСС, предполагающее обоснование технического оснащения служб и их требуемую численность, мест дислокации, а также детальную оценку возможностей этих служб, что помогает изучить готовность пожарной техники в конкретном гарнизоне.

В [60] выделяют 2 вида управления системами безопасности городов.

1. Оперативное, которое предполагает управление текущим на данный момент времени процессом функционирования всех аварийно-спасательных служб городов, а также включает в себя основные необходимые действия: прием и обработку сообщения о ситуации, высылку оперативных подразделений к месту вызова и др. Развитие компьютеризации в мире повлекло за собой необходимость внедрения информационного обеспечения и соответствующих действий по оперативному управлению в крупных городах, поэтому появились автоматизированные системы управления системами безопасности, предполагающие решение не только повседневных задач, но и собирающие, и частично обрабатывающие основную оперативную информацию. В настоящее время географические информационные системы (далее – ГИС) позволяют частично решить задачи оперативного управления автоматизированных систем управления. ГИС осуществляет слежение за перемещением ПА по местности в режиме реального времени, а также определяет ее состояние [60].

Активным анализом проблем информационно-аналитического обеспечения поддержки принятия решений по оперативному управлению территориальными пожарно-спасательными формированиями при ликвидации пожаров, а также последствий чрезвычайных ситуаций занимались А.В. Матюшин, Ю.А. Матюшин и А.А. Порошин. Ими совместно с другими авторами были проанализированы выезды пожарной охраны [25], а также разработана методология

автоматизированной геоинформационной системы по формированию планов дислокаций, численного расчета состава СиС ПСП в пределах населенных пунктов [26].

Так, автоматизированная ГИС организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных ПСП населенных пунктов (далее – ГИС АСОП-ПО), представленная в [27], применяется для следующих задач:

- формирования цифрового образа населенного пункта;
- определения эффективности в процессе деятельности действующих гарнизонов пожарной охраны;
- обоснования необходимости существующих пожарных депо, а также строительства новых в пределах населенных пунктов с возможностью определения конкретного места их дислокации;
- определения территориальных границ обслуживания пожарных частей в пределах населенных пунктов;
- имитационного моделирования действий оперативных ПСП;
- обоснования требований к расписанию выездов на пожар с учетом особенностей пожарной опасности конкретных зданий и сооружений и др.

Активное исследование деятельности пожарной охраны с применением комбинаций модулей в геоинформационных системах ведется не только на территории Российской Федерации, но и за рубежом (MAPINFO, ArcViewGIS, ARC/INFO и другие). Публикации [119, 120], информирующие об использовании данных систем в разных городах мира, пользуются особым спросом среди специалистов этой области.

В политехническом университете Виргинии и университете штата было проведено исследование административных и политических последствий внедрения ГИС в противопожарной службе на примере города Норфолк штата Виргиния и определено, что ГИС могут служить базой для создания пожарной охраной моделей формирования различных сценариев, которые повысят эффективность, результативность и рациональность распределения ресурсов

пожаротушения, например, сетевая модель распределения ресурсов спасения по городу Норфолк позволяет распределить средства так, что время в пути составляет до 5 мин [116].

Анализ применения геоинформационных систем в структурах МЧС России рассмотрен в [61] и выявлен главный недостаток – отсутствие единого подхода к решению основных задач структур МЧС России.

Отрицательным моментом использования геоинформационных систем является то, что они статичны – оценки и расчеты, применяемые в данных системах, не производят вероятностное функционирование подразделений ПСГ таких, как распределение вызовов и оперативных отделений пожарно-спасательной службы в гарнизоне пожарной охраны. Динамические процессы, влияющие на минусы использования таких систем, – это одновременные события, занятость ПСП в определенный момент времени и др. Поэтому использование таких систем в городах с количеством жителей, превышающим значение 500 тысяч, нерационально.

2. Стратегическое, которое предполагает долгосрочное планирование развития, а также реорганизацию систем безопасности, учитывая расчеты с выведением точек строительства новых необходимых пунктов дислокации подразделений аварийных служб, оснащения и переоснащения существующих подразделений; обоснование численности личного состава и др. [60]. При этом важно вести данные исследования с учетом «генеральных планов развития города, прогнозов динамики объема и характера деятельности систем безопасности городов, разнообразие временных и пространственных закономерностей и многое другое» [60]. Поэтому для реализации стратегического управления всех аварийных служб городов используются 2 компьютерные системы [60]:

- 1) СТРЭС (статистика работы экстренных служб);
- 2) «КОСМАС» (компьютерная система моделирования аварийных служб).

На данный момент они не имеют аналогов во всем мире.

Разработанная еще в конце 1980-х гг. XX в. компьютерная имитационная система «КОСМАС» является средством реализации метода имитационного моделирования [2], успешное использование которой осуществляется в четырех десятках городов не только России, но и за рубежом, и подтверждено различными дипломами. Электронная карта конкретного города – это один из важнейших компонентов выше рассмотренной системы. Обслуживание карты реализует банк данных, содержащий информацию о количестве отделений, каждом пункте дислокации, основные характеристики, количество персонала, график дежурств), поэтому на данную карту оператору всего лишь необходимо нанести основные элементы городской среды и ЭАСС:

- основные объекты города (в том числе опасные и важные);
- районы обслуживания пунктов дислокации подразделений ЭАСС и их места дислокации;
- лечебные учреждения [43].

Таким образом, система «КОСМАС» моделирует ситуацию, которая может сложиться в конкретном городе при закрытии части депо (станций), изменении границ районов обслуживания, численности персонала и других ситуаций [3]. Именно на основе данной имитационной системы есть возможность провести оценку результатов изменения численности ЭАСС, реорганизации и решения различных задач.

Вопросами поддержки управления ресурсным обеспечением ПСГ занимается научный коллектив во главе с Н.Г. Топольским [62]. Так, была разработана многокритериальная модель по прогнозу потребности ресурсов при реализации управления ресурсной базой [7, 9]. Уникальностью работы является возможность ее использования в условиях чрезвычайной ситуации.

В [63] представлен «механизм принятия решений при условии долгосрочного планирования ресурсного обеспечения ПСП, предложен метод корректирующего планирования ресурсного обеспечения в условиях прямой и обратной задачи формирования необходимого и достаточного остатка и определен процесс систематизации распределения ресурсного обеспечения с

учетом взаимовлияния деятельности ПСП, т. е. появляется разветвленная структура – конкретный ресурс порождает множество других вариантов ресурсов».

Исследованием автоматизации процессов поддержки принятия решений в области материально-технического обеспечения (далее – МТО) подразделений, а также эффективностью ее управления и рационализацией методов замены пожарно-спасательной техники занимается А.П. Сатин совместно с коллегами [32, 33, 8, 34, 35].

Аристархов В.А. и Рожков А.В. исследовали процедуру учета работы ПА в подразделениях МЧС России и внесли предложения по совершенствованию организации учета работы ПА [64], в [65] сформировали матрицу условий принятия решения о необходимости замены ПА, а также критерия необходимости замены ПА, который учитывает несколько параметров.

Управлением процессом эксплуатации ПА занимается В.П. Сорокоумов, вкпе с другими исследователями им был предложен алгоритм принятия решений при управлении эксплуатацией пожарной и аварийно-спасательной техники, который значительно сокращает время принятия решения и реализацию мероприятий, снижает вероятность неверных решений. Над каждой операцией данного процесса проводится оценка ее эффективности, т. е. вклада в достижение цели [66].

Седневым В.А. совместно с коллективом в источнике [18] рассмотрены научно-методические подходы оценки эффективности действий спасательных формирований. Также было предложено применение системного подхода при оценке эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований на основе приращения показателя, характеризующего ход и исход функционирования системы [19].

Методика анализа показателей оперативного реагирования ПСП предложена К.С. Власовым и А.Н. Денисовым. С ее помощью возможно оценить влияние различного рода факторов на всю деятельность пожарной охраны.

Применение данной модели реализуется в решении проблемы единообразного использования статистических методов для всей совокупности данных, чтобы исключить противоречивые выводы, так как ее основа – это применение методов теории графов, что наглядно отражает все взаимосвязи между оказывающими (или не оказывающими) влияние на деятельность ПСП для последующего выявления тенденции дальнейшего развития [24].

Безбородько М.Д. и Бубырь М.Ф. предложили модель боеспособности пожарных подразделений, основанную на 4 показателях (готовности личного состава, условиях движения на пожар, надежности пожарной техники и источников водоснабжения), которые позволят «разработать алгоритмы решения боевых задач и программы их реализации с помощью современных ЭВМ, что приведет к снижению временных затрат и увеличению надежности при реализации процедуры осуществления, как непосредственно тушения пожаров, так и руководства боевыми действиями подразделений» [23].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям МЧС России было рассмотрено существующее теоретико-методическое обоснование номенклатуры технического оснащения спасательных формирований МЧС России, определены оптимальные исследования в данной области и обозначено направление их доработки [67]. В источнике [68] сформулирована многокритериальная задача ранжирования по обобщенному показателю важности образцов аварийно-спасательной техники.

Специалистами Академии гражданской защиты рассмотрены вопросы обоснования планирования развития техники и технических средств МЧС России, предложено применение критерия «эффективность-стоимость» для формирования предложений в планы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и закупок в военной и специальной техники, технических средств, имущества, экипировки и снаряжения (далее – ВВСТ) [28]. В [29] предложено решение задачи переоснащения СВФ МЧС России с помощью декомпозиции ее на отдельные подзадачи и рассмотрено применение частной методики определения рациональной номенклатуры и количества современных образцов

ВВСТ в СВФ МЧС России, основой которой является решение целочисленной задачи линейного программирования методом Гомори. А комплексная методика обоснования рационального варианта оснащения СВФ МЧС России, основанная на методах анализа иерархий, теории графов, линейного и целочисленного программирования, позволяет принимать во внимание значимость решаемых задач, а, следовательно, и значимость видов ВВСТ с учетом значимости задач, что приведет к целесообразному распределению финансирования при закупке видов ВВСТ [30].

Также была сформулирована задача обоснования рационального варианта оснащения СВФ МЧС России, чтобы выполнять задачи инженерного обеспечения при военных конфликтах, а пути ее решения предполагают дополнительное решение нескольких частных задач: «определение альтернативных вариантов оснащения» и «выбор альтернативного варианта оснащения», при этом на этом этапе в работе уже предложены исходные данные, а также ограничения и допущения [31].

Другие специалисты обосновали рациональное распределение ресурсов и назначение задач в оперативной дежурной смене при ликвидации чрезвычайных ситуаций, при этом рассмотрен вариант ограниченных ресурсов, поэтому «создание новой организационной системы оперативно-диспетчерской службы позволит проводить распределение задач между операторами в режиме реального времени при выполнении мероприятий по ликвидации ЧС», что повысит качество работы и эффективное распределение ресурсов [69].

Научным коллективом Ивановской пожарно-спасательной Академии предложена функциональная структура, и на ее основе разработана автоматизированная информационная система связи и управления ПСП при тушении крупных пожаров, которая представляет собой программу для ЭВМ, состоящую из трех информационно-аналитических модулей информационной системы: модуль документации по организации связи и управления; модуль автоматизированного формирования схем по организации связи; модуль дистанционного мониторинга состояния пожара на объекте защиты. Результатом

использования программы является данные ранжирования задач управления в информационной системе на основе упорядочивания в порядке предпочтительности [11]. В единоличном авторстве Д.В. Тараканов произвел многокритериальный анализ сетевой структуры движения газодымозащитников в теплодымокамере, а также разработал многокритериальную модель, предполагающую три маршрута движения с их последующим ранжированием в зависимости от сложности, что позволит использовать модель для подготовки командиров звеньев газодымозащитной службы [12].

Другими специалистами вышеназванной образовательной организации был рассмотрен процесс ранжирования по предпочтительности пожарно-технического оборудования для оснащения подразделений МЧС России, который основан на комплексном критерии относительной общей пользы.

В [36] предложен подход, который рационализирует процедуру выбора гидравлического аварийно-спасательного инструмента, чтобы ликвидировать последствия дорожно-транспортных происшествий.

Так, предложенная А.Г. Бубновым и И.В. Сараевым методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России для ликвидации ЧС на транспорте предполагает выбор пожарно-технического оборудования в соответствии с федеральной целевой программой «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года», что значительно упростит и рационализирует работу лиц, принимающих решения по оснащению подразделений [37]. Обоснование оценки надежности и выбора пожарного оборудования с использованием показателей риска потери работоспособности (отказа) и общей относительной пользы для использования при принятии управленческих решений по МТО подразделений МЧС России было рассмотрено в [38, 39]. В [40] рассмотрен покомпонентный анализ комплексного критерия относительной общей пользы, а также полный разбор алгоритма ранжирования профильного пожарно-технического вооружения и представлена общая схема реализации алгоритма выбора предпочтительного

оборудования с целью дальнейшего оснащения (переоснащения) ПСП МЧС России. Методика относительной общей пользы обосновывает выбор и совершенствование технического оснащения ПСП и позволяет сделать выбор средства индивидуальной защиты органов дыхания более явным, снижая влияние «человеческого фактора» на основе использования показателей работоспособности [41].

В [42] предложена методика выбора пожарно-технического оснащения ПСП, основанная на исследовании надежности пожарного оборудования, при этом используются показатели риска и общей относительной пользы, что позволяет дополнять представляемые фирмами-производителями результаты сертификационных испытаний для принятия рациональных управленческих решений по МТО подразделений МЧС России.

Последние два десятилетия изучению рисков в Российской Федерации отводится большое значение, так, в 2007 г. был утвержден документ [70], который предполагает применение риск-ориентированного подхода при проведении государственном надзоре гражданской обороны. Применение интегральных пожарных рисков позволяет провести анализ обстановки с пожарами на территории городов и сельской местности России на уровне федеральных округов Российской Федерации [4]. Данная методика подразумевает [71]:

- 1) объединение статистических данных по количеству пожаров и их последствий на территориях городов и сельской местности за год;
- 2) расчет на основе указанных выше данных значений всех основных видов пожарных рисков (R_1 , R_1^r , R_1^c) отдельно для городов и сельской местности;
- 3) сравнительный анализ всех парных рисков по принципу расчета их отношений;
- 4) вычисление комплексного показателя пожарной опасности только для сельской местности;
- 5) формирование вывода об обстановке с пожарами на исследуемой территории и проведение дополнительного анализа для разработки мер по ее улучшению.

Использование данной методики позволяет предложить для каждого субъекта Российской Федерации конкретную программу и необходимые методы управления пожарными рисками, характерные для субъекта, и провести разработку обоснованных нормативов по организации в нем территориальных подразделений пожарной охраны [4].

Модель информационной поддержки при принятии решений в области оценки деятельности сотрудников МЧС России, основанная на иерархически связанных друг с другом многомерных классификаторах, была разработана в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России. Она отражает иерархию процессов обработки информации, и по совокупности показателей формируются критерии эффективности, характеризующие определенное свойство задачи [72].

Профессор А.А. Таранцев рассмотрел различные подходы к определению необходимого количества пожарных частей в городских и сельских населенных пунктах, дал сравнительную оценку подходов, основанных на нормативных документах, применении компьютерной имитационной системы и расчете пожарной уязвимости населенных пунктов, свел полученные данные в таблицу для удобства использования и обосновал возможность поэтапного наращивания числа пожарных частей на территориях регионов [20]. В [21] им было рассмотрено применение метода многопараметрического выбора вариантов по В. Парето путем учета значимости параметров, и приводится пример расчета по обеспечению пожарной безопасности в сельских населенных пунктах Ленинградской области. Уже совместно с коллективом разработаны математические модели функционирования системы ликвидации опасных ситуаций, которые предполагают оперативное привлечение ограниченного числа мобильных подразделений соответствующих экстренных служб [22].

Исследованием системного анализа при управлении СиС ПСГ занимается А.А. Крупкин. «Решение проблемы заключается в поддержке принятия адекватных мер, направленных на управление СиС, в соответствии с текущей обстановкой и временем в гарнизоне пожарной охраны с наличием необходимых данных, которые могут обосновывать данное принятое решение. При этом

система поддержки принятия решений по управлению СИС в конкретном гарнизоне пожарной охраны становится средством решения ключевой проблемы» [73].

Решение многомерной задачи обоснования требований к информационному обеспечению при управлении рисками на основании теоретико-множественных представлений о свойствах информационных и управляющих систем изучает В.В. Пицык совместно с Е.Г. Гамаюновым. Ими было введено формальное описание характеристических свойств системы информационного обеспечения и показатели качества, отражающие стохастический характер предъявляемых требований, что позволит формализовать постановку и последующее решение задачи обоснования требований к информационному обеспечению в системах управления рисками [74]. В.В. Пицык совместно с В.А. Двуреченским рассмотрел проблему управления материальными ресурсами, решение которой предполагает поиск оптимального соотношения запасов и потребностей [75]. Наиболее ярко проблема управления ресурсами была выражена в оптимальном размере запаса – чем меньше запас, тем меньше вероятность удовлетворить потребность подразделений системы МЧС России.

Вопрос организации пожарно-спасательных и аварийно-спасательных служб остро стоит как в Российской Федерации, так и за рубежом. В США по данной тематике издавались публикации, датированные началом 1970-х гг. XX в. [121]. Именно в них были обозначены основные теоретические материалы по проектированию противопожарной службы на примере нескольких городов (Нью-Йорка, Йонкерса, Трентона, Джерси и Уилмингтона) и разработаны несколько имитационных и аналитических моделей [122, 123, 124]. Проблемным моментом стало то, что интерес к данным исследованиям прекратился чуть более чем через десять лет.

Хотя исследования и датируются XX в., но даже тогда были выявлены общие закономерности процесса управления и функционирования пожарно-спасательной службы, представленные в публикациях актуальны и сейчас. Именно с этого момента произошел переход исследования проблемы организации

городских служб пожарной охраны на научную основу математического моделирования.

В Германии в Берлинской пожарной охране П. Вагнер с единомышленниками несколько десятков лет занимается вопросами оперативности пожарно-спасательной службы. Так, в [117] речь идет о скорости прибытия СиС ПСП к месту вызова. При этом приводится ряд исследований об изменении плотности потока в разных городах Германии, преимуществах проезда пожарной техники при следовании на вызов, инфраструктуре города, влияющей на проезд и о других показателях, оказывающих влияние на оперативность прибытия экстренных служб к месту вызова. При сотрудничестве с коллегами из Академии ГПС МЧС России проведен множественный анализ научно-технического обеспечения пожарной безопасности в современном мире, статистических данных о пожарах, их анализа и прогноза [5, 6, 76, 77].

Опираясь на вышеуказанный обзор исследований, проведенных в этой области, можно определить, что поддержка управления распределением ПА ранее в достаточной степени не изучалась. В рассмотренных источниках производится только управление переоснащением парка ПА, обоснование необходимого количества ПСП, выбора технического оборудования, поддержки управления СиС непосредственно на пожарах и т.д. Также в данных работах не изучен аспект быстроты принятия решения – они не только требуют больших объемов информации, но и значительных временных затрат.

Учитывая современное положение, возникает необходимость улучшения оперативных и технических показателей, оснащенности в стране в целом, что возможно только при постепенном оснащении за счет изучения процесса распределения ПА в гарнизоны пожарной охраны. Поэтому для реализации этого процесса на принципиально новом уровне необходима быстрая, точная и качественная оценка возможностей гарнизона и выявление наиболее «слабого» с точки зрения оснащения территориального гарнизона пожарной охраны для улучшения его оснащенности, как следствие, оперативных и технических характеристик.

Для поддержки управления переоснащением парка ПА в [14] предложено «два критерия, которые послужили основой модели принятия решений с точки

зрения пессимистичных и оптимистичных критериев выбора вариантов реализации концепции переоснащения». Дальнейшее исследование позволило разработать методику оценки результативности переоснащения подразделений МЧС России новыми образцами пожарно-спасательной техники и пожарно-технического оборудования, основанной на анализе значений двух критериев, последующим ранжированием их в порядке предпочтительности для переоснащения [15].

Реализацию процесса переоснащения в короткие сроки позволяет осуществить информационно-аналитическая модель, разработанная С.А. Шкуновым [13] и предполагающая оценку эффективности функционирования основной пожарной техники. В источниках [78, 79] приведено исследование информационно-аналитической поддержки управления переоснащением в территориальных ПСГ системы МЧС России. Хотя она и учитывает обстановку в гарнизоне, требует минимальных материальных и временных затрат, в ней не рассмотрен важный аспект. Проблематика использования данной информационно-аналитической модели заключается в том, что не выведен общий показатель для критериев оперативной и технической готовности, а также возникает неясность в процессе ранжирования при равных значениях оперативной и технической готовности в нескольких субъектах [80].

Поэтому разработка модели поддержки управления распределением ПА, основанной на трех критериях (оперативной и технической готовности, оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования) позволит взглянуть на проблему с другой стороны, так как использование дополнительного критерия поможет точнее определить состояние ПСГ и использовать другие алгоритмы ранжирования, что обоснует процесс распределения ПА с учетом временной характеристики (оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования).

1.4 Анализ информационных решений в распределении пожарных автомобилей

В настоящее время существует множество подходов к анализу оценки систем распределения ПА в территориальные ПСГ. Основные информационные решения, которые предназначены для того, чтобы повысить эффективность функционирования системы распределения, перечислены ниже.

1. Программное обеспечение «Оснащение», основанное на реализации методики определения потребности ПСП в пожарной технике [81], оборудовании и пожарно-техническом вооружении с учетом региональных особенностей, используя статистические данные о пожарах в конкретном регионе, выводит перечень пожарно-технического вооружения и техники, рекомендуемых для оснащения ПСП в исследуемом регионе [82].

2. Программа по оценке коэффициентов технической готовности и оснащенности ПСП служит для того, чтобы определить значения коэффициентов технической готовности и оснащенности ПСП, и позволяет провести оценку возможности выполнения ими непосредственно задач по предназначению (рисунок 1.6) [83].

Рассчет коэффициентов

Кол-во отказов	Основные	Ккап.р.	Кср.р.	Спец	Ккап.р.	Кср.р.	Вспом	Ккап.р.	Кср.р.
<input type="text" value="0"/> 0-5 лет	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/> 5-10 лет	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/> 10-15 лет	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/> свыше 15 лет	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Количество выездов

Умеренно теплый

Коэффициент оснащённости

Коэффициент технической готовности

Рисунок 1.6– Программа для ЭВМ по оценке коэффициентов технической готовности и оснащённости ПСП

3. Программа для оценки управленческих решений по замене пожарной техники, «основой которой служит метод динамического программирования, позволяет провести оценку действий по организации эксплуатации пожарной техники (замена техники несколькими способами, например, с учетом амортизационной стоимости, возраста и пробега, только возраста автомобиля) в подразделениях с учетом интенсивности выездов» (рисунок 1.7) [84].

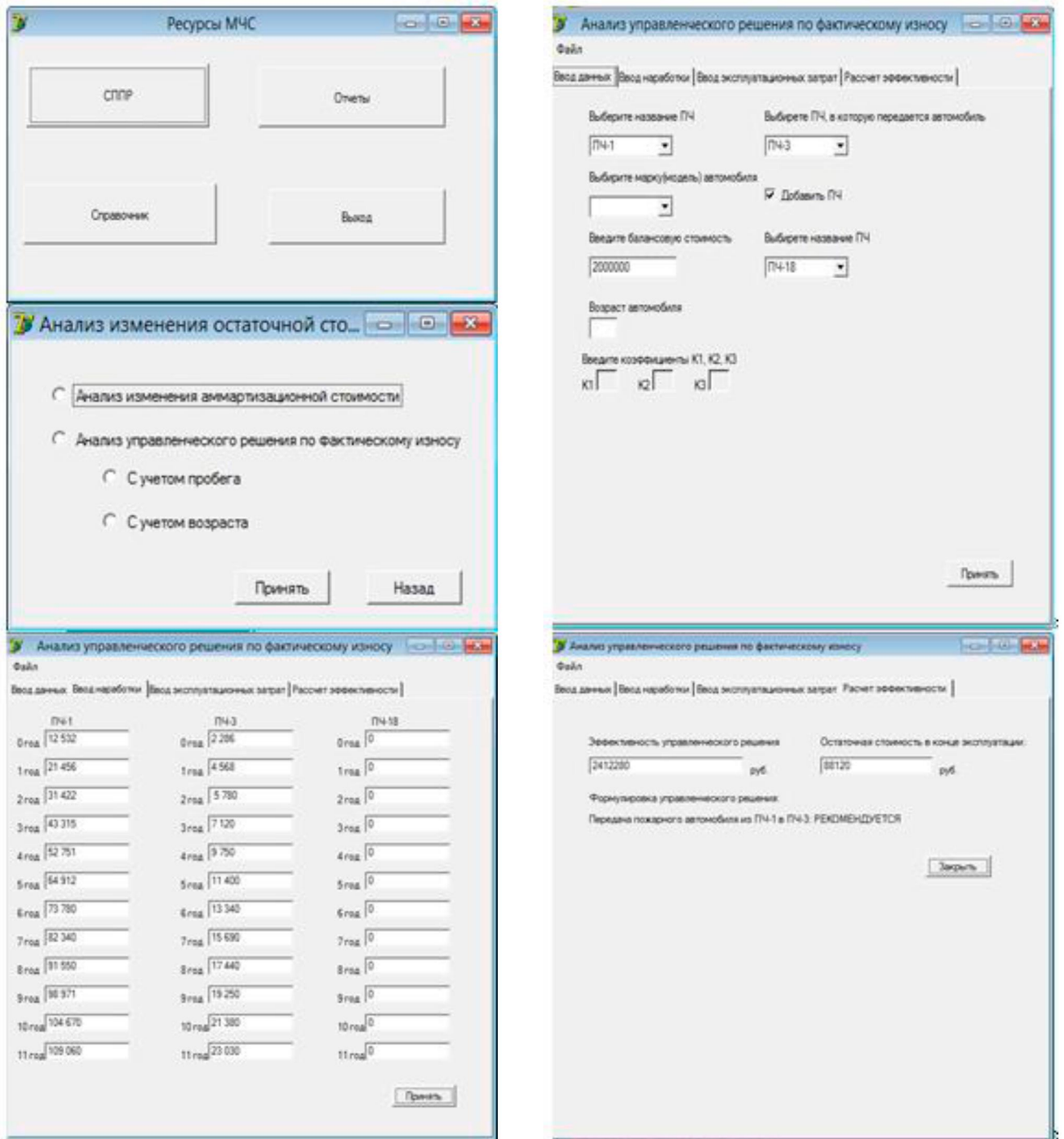
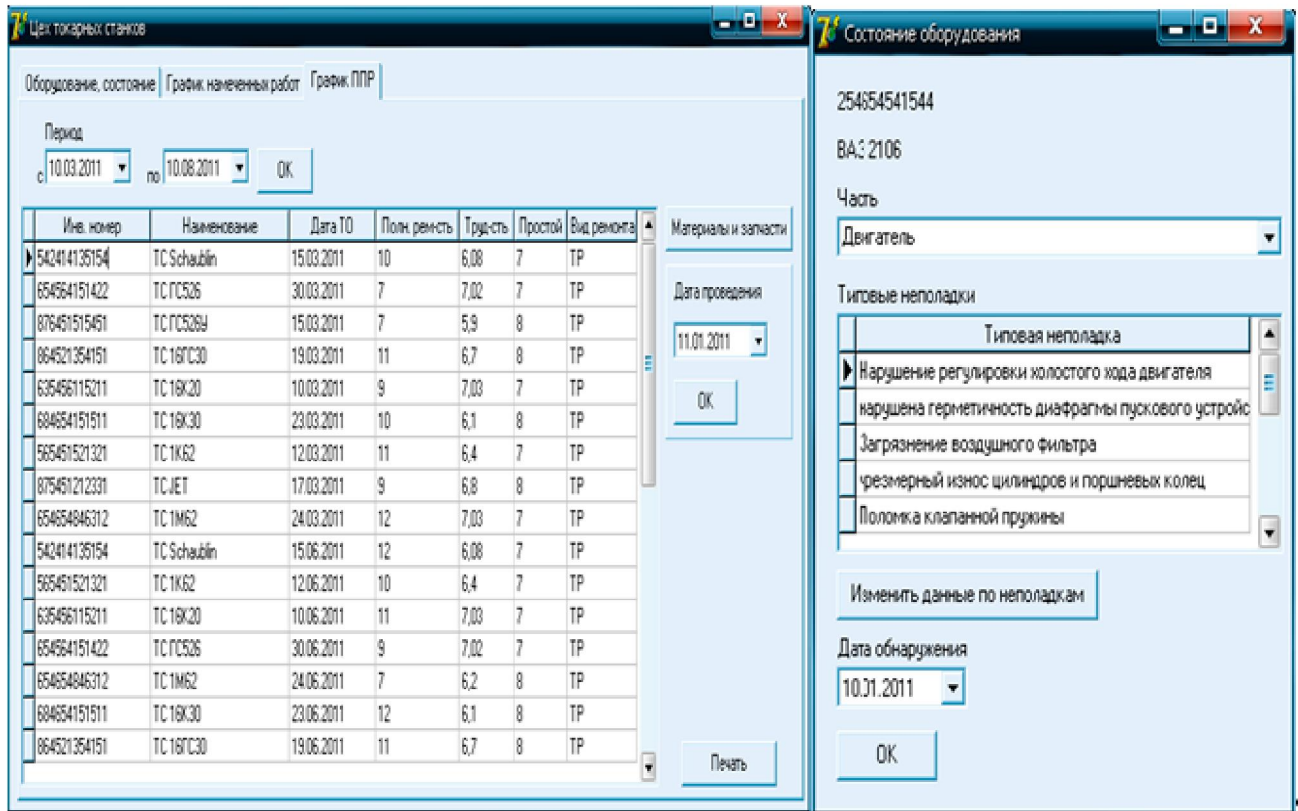


Рисунок 1.7– Экранные формы программы для оценки управленческих решений по замене пожарной техники

4. Программное обеспечение «Информационная система поддержки учета и планирования планово-профилактических и ремонтных работ» предназначено для токарных станков и осуществляет учет и планирование планово-профилактических, а также ремонтных работ небольшой организации. Программа ведет справочник с техническими данными по оборудованию и формирует

графики планово-профилактического ремонта, технического обслуживания; планирует затраты на материалы и запчасти, принимает решение о замене оборудования (рисунок 1.8) [85].



а

б

Рисунок 1.8– Программа для ЭВМ «Информационная система поддержки учета и планирования планово-профилактических и ремонтных работ»:

а –форма «Состояние»; б –форма «Аварийный ремонт»

5. Программное обеспечение «Автоматизация задачи управления ресурсами гарнизона пожарной охраны» позволяет минимизировать время, затраченное на оценку принимаемых управленческих решений для определения соотношения ресурсов гарнизона пожарной охраны, а также прогнозированию результатов функционирования и коэффициентов боеготовности СИС ПСП (рисунок 1.9) [86].

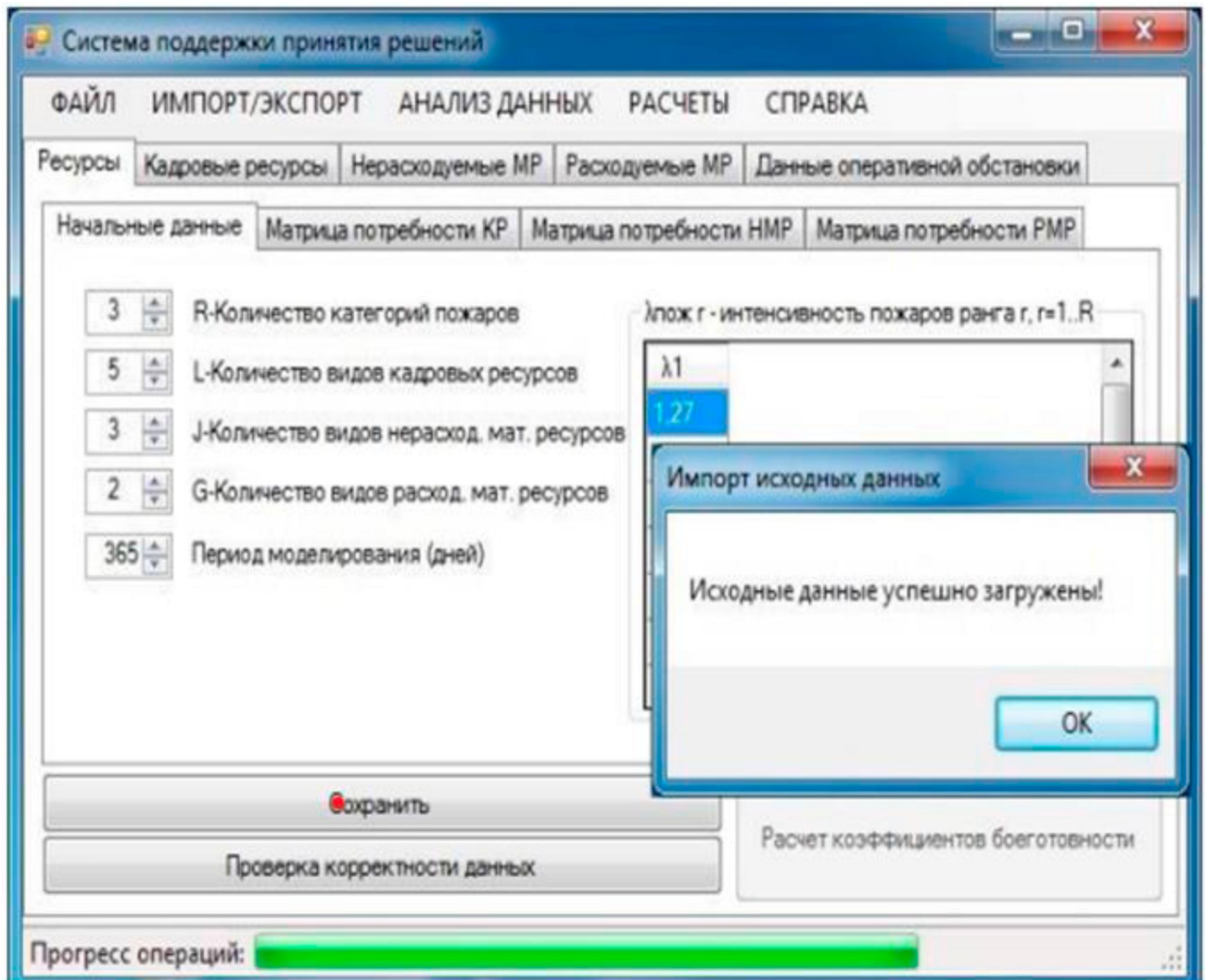


Рисунок 1.9– Программа для ЭВМ «Автоматизация задачи управления ресурсами гарнизона пожарной охраны»

Данное программное обеспечение формирует результаты вычислений для анализа, оценки и рекомендаций лицом, принимающим решение по повышению боеготовности или оптимизации ресурсов ПСГ [87].

6. Программа «Моделирование аутсорсинга обслуживания и ремонта автомобильной техники» основана на методике имитационного моделирования с использованием модели поломки и восстановления, позволяет оценить управленческие решения по обеспечению готовности технических средств (ПА) путем подбора требуемого количества ремонтных бригад [16].

7. Расчетная программа «Оптимизация, прогнозирование и оценка эффективности параметров функционирования предприятий по эксплуатации и техническому сервису парков дорожно-строительных и технологических машин

1.0» позволяет исследовать эффективность средних и крупных предприятий по эксплуатации и техническому сервису парков дорожных, строительных и технологических машин, таких как: оптимальное количество ресурсов и интенсивность их использования, прогноз готовности ресурсов в любой момент времени, зависимость технико-эксплуатационных показателей ресурсов от их возраста, срока эксплуатации [88].

8. Программное обеспечение «Система поддержки принятия решений по управлению аварийно-спасательной техникой подразделений МЧС России» дает возможность ведения учета аварийно-спасательной техники подразделений МЧС России, а также позволяет выбрать оптимальный вариант распределения техники между подразделениями, опираясь на анализ и прогноз оперативной обстановки и деятельности подразделений МЧС России [89].

Предложенное выше программное обеспечение основано на определенных моделях, позволяющих оценить оснащение автомобилями и (или) распределить их без существенных материальных и временных затрат. Однако ни одна из программ не позволяет осуществить распределение и группировку технических средств, основываясь одновременно на трех основных показателях (оперативной и технической готовности, а также оснащенности). Поэтому благодаря проведенному выше исследованию, можно определить необходимость углубленных исследований в данной области.

Выводы по первой главе

1. Проанализировав статистические показатели: количества пожаров и последствий от них, а также технического обеспечения парка ПА, был сделан вывод о необходимости улучшения данных значений, что возможно реализовать за счет исследования оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования, а также оперативной и технической готовности ПСП и их применения в комплексе. Это позволит совершенствовать систему оснащения

пожарной техникой на основе поддержки управления распределением ПА и реализует один из пунктов Стратегий национальной безопасности.

2. Исследовав историческую ретроспективу управления распределением ПА, было определено, что с древнейших времен вопросы обеспечения ПА, а также их территориального распределения имели важную роль и требовали особого внимания при изучении пожарной обстановки.

3. Изучив исследования российских и зарубежных ученых в области распределения ПА, было выявлено, что для поддержания на должном уровне оперативной и технической готовности, оснащенности были разработаны различные математические и информационно-аналитические модели, геоинформационные системы, однако модели распределения ПА, зависящей от трех критериев в комплексе характеризующих обстановку на определенной территории, предложено ранее не было.

4. Использование критериев оперативной и технической готовности в совокупности с оснащенностью ПСГ современными образцами техники и оборудования являет собой основу для разработки и совершенствования процедур принятия решений по распределению ПА, что позволит теоретически и практически реализовать рационализированный способ оценки обстановки на конкретной территории и принятию мер по ее улучшению.

ГЛАВА 2 МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ГАРНИЗОНЫ

Как известно из [44], пожарная охрана – «совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ».

Органы управления МЧС России – это организации и их подразделения, которые наделены правом приема управленческих решений в пределах своей компетенции, а также их реализацией [44, 90].

В перечень задач, стоящих перед органами управления, входит и управление распределением ПА, которое представляет собой сложный процесс контроля и поддержания на уровне, необходимом для выполнения задач по назначению, качества, количества и состояния техники.

Для того чтобы реализовать данный процесс, предлагается использование модели поддержки управления распределением ПА по трем критериям оценки состояния подразделений: оперативной, технической готовности и оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования.

2.1 Формализация понятий критериев оценки состояния подразделений

Анализируя [14, 13], можно определить, что для выбора правильных управленческих решений по распределению финансирования при переоснащении парка ПА предлагается использовать модель, содержащую в себе «два критерия оценки состояния подразделений:

– критерий оперативной готовности ($0 \leq K_{ог}(t, \tau) \leq 1$) ПСП до и после переоснащения;

– критерий технической готовности ($0 \leq K_{т.г} (t, \tau) \leq 1$) ПСП до и после переоснащения».

Данные критерии характеризуют модель управления «эффективность – стоимость», однако третий немаловажный критерий, который необходимо учитывать – это время, характеризующее современный научно-технический прогресс в области разработки новых современных ПА и отражающее общее время службы автомобиля с момента ввода в эксплуатацию.

Поэтому необходимо разработать новую информационно-аналитическую модель, предполагающую поддержку управления распределением ПА в гарнизонах и основанную на трех критериях (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Модель и алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны

Предложенная модель переведет процесс поддержки управления распределением ПА, впоследствии и правильность принятия решения по оснащению парка ПА, на качественно новый уровень. Это позволит лицу, принимающему решение, выбрать регион, с минимальными показателями и повысить в нем оснащение необходимой техникой.

2.1.1 Оперативная готовность пожарно-спасательных подразделений

Как известно из [14], «критерий оперативной готовности ПСП ($0 \leq K_{ог}(t, \tau) \leq 1$) представляет потенциальную возможность техники и оборудования ПСП приступить к выполнению задач по непосредственному назначению в любой момент времени t и, начиная с этого момента времени, выполнять поставленную задачу в течение времени τ , необходимого для ее решения».

Таким образом, критерий оперативной готовности $K_{ог}(t, \tau)$ подразумевает работоспособность подразделений в любой момент времени t .

При этом под работоспособностью представлена «возможность техники и оборудования обеспечивать выполнение задач по назначению в течение времени τ , начиная с произвольного момента времени t » [14].

Критерий $K_{ог}$ оперативной готовности ПСП, которые располагаются в пределах территориальных границ региона (город, район), определяет возможность ПА прибыть к месту вызова за регламентированное законодательством время и выполнять в течение определенного времени задачи по назначению, и вычисляется на основании данных карточки учета пожаров по формуле [14]:

$$K_{ог} = \sum_1^N \left(1 - \frac{\sum^M (n_i t_i)}{NT_0} \right), \quad (2.1)$$

где N – количество ПА, дислоцирующихся на территории анализируемого ПСГ, ед.; M – общее количество карточек учета пожаров, полученных за время T_0 ; n_i – количество ПА за анализируемый период времени, ед.; t_i – общее время занятости ПА за анализируемый период времени, мин; T_0 – фиксированный интервал времени за период наблюдения (сутки, неделя, квартал, месяц, год), мин.

В общем случае критерий оперативной готовности ПСП определяется формулой 2.1, однако существуют частные случаи его вычисления на каждом этапе пожара, что позволяет детально изучить временные затраты на каждом этапе и предложить пути их сокращения рисунок 2.2 [14].



Рисунок 2.2 – Структурная схема общего коэффициента оперативной готовности ПСП

2.1.2 Техническая готовность пожарно-спасательных подразделений

Критерий технической готовности ПСП ($0 \leq K_{т.г.}(t, \tau) \leq 1$) характеризует «потенциальную возможность пожарной техники и оборудования находиться в исправном состоянии начиная с любого момента времени t в течение времени τ ,

необходимого для решения задачи по назначению» [14]. Таким образом, данный критерий реализует возможность оценки ПА, которые эксплуатируются в ПСП, по значениям их исправности, а также вопросам поддержки их технического состояния на необходимом уровне.

Критерий $K_{т.г}$ технической готовности ПСП вычисляется по формуле [14]:

$$K_{т.г} = \left[1 - \frac{Q}{V} \right] \left[1 - \frac{\sum_1^N n_j t_{ТОj} + \sum_1^K k_j t_{Рj} + \sum_1^M m_j t_{ППj}}{NT_0} \right], \quad (2.2)$$

где Q – количество отказов в работе ПА; V – общее количество выездов всех подразделений региона; n_j – количество технических обслуживаний ПА за время T_0 , раз; $t_{ТОj}$ – время, необходимое для технического обслуживания ПА, мин; k_j – количество ремонтов ПА за время T_0 , раз; $t_{Рj}$ – время, необходимое для ремонта ПА, мин; m_j – количество технических обслуживаний ПА после пожара за время T_0 , раз; $t_{ППj}$ – время, необходимое для технического обслуживания ПА после пожара, мин.

2.1.3 Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями

Критерий оснащённости ПСГ современными ПА ($0 \leq K_{осн} \leq 1$) [91] является характеристикой оснащённости ПСГ в определенный временной период с учетом срока службы каждого ПА.

Под критерием оснащённости ПСГ современными ПА ($0 \leq K_{осн} \leq 1$) понимается соотношение между коэффициентом условий эксплуатации ПА и коэффициентом оснащённости ПСГ, которое определяется по следующей формуле [92]:

$$K_{осн} = \frac{K_{усл.}}{K_o}, \quad (2.3)$$

где $K_{усл}$ – коэффициент условий эксплуатации ПА; K_o – коэффициент оснащенности ПСГ.

2.2 Разработка критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями

2.2.1 Математическая модель расчета критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями

Оснащенность ПСГ современными ПА оценивается анализом статистических данных о численности и состоянии ПА, находящихся в конкретном подразделении.

Критерий оснащенности ПСГ современными ПА – это отношение произведения общего количества техники и оборудования ПСГ, коэффициента корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации и коэффициента корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий к суммарному значению произведения количества техники и оборудования в зависимости от срока их эксплуатации и коэффициента эксплуатации [92].

Формализовано оснащенности ПСГ современными ПА будет основана на ниже представленных формулах.

Оснащенность всего ПСГ будет зависеть от года выпуска каждого ПА и действительного срока его службы, характеризуемое критерием эксплуатации, и определяются по формуле (2.3). Числитель данной формулы – это коэффициент условий эксплуатации $K_{усл}$, состоящий из произведения трех коэффициентов: корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации,

корректирования в зависимости от природно-климатических условий и агрессивности окружающей среды, и вычисляемый по следующей формуле [93, 94]:

$$K_{ycl} = K_3' \cdot K_3'' \cdot \sum_{i=1}^N (n_{1i} \cdot K_{1i}), \quad (2.4)$$

где K_3' – коэффициент корректирования в зависимости от природно-климатических условий; K_3'' – коэффициент агрессивности окружающей среды; N – общее количество анализируемых ПА; K_{1i} – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации для каждого ПА; n_i – ПА с определенной категорией условий эксплуатации.

Знаменатель формулы (2.3) представлен коэффициентом оснащенности ПСГ (K_o), который зависит от срока службы и количества ПА, находящихся в гарнизоне, и определяется следующим выражением [92]:

$$K_o = \sum_{j=1}^N (n_{2j} \cdot K_{эj}), \quad (2.5)$$

где N – общее количество анализируемых ПА; $K_{эj}$ – коэффициент эксплуатации для каждого ПА [94]; n_{2j} – единица ПА с определенным сроком службы.

Полная (развернутая) формула критерия оснащенности ПСГ современными ПА будет представлена ниже:

$$K_{осн} = \frac{K_3' \cdot K_3'' \cdot \sum_{i=1}^N (n_{1i} \cdot K_{1i})}{\sum_{j=1}^N (n_{2j} \cdot K_{эj})}. \quad (2.6)$$

Таким образом, критерий оснащенности ПСГ современными ПА – это количественный показатель необходимый, чтобы проанализировать оснащенность территориальных ПСП основными ПА. Он является необходимым для проведения оценки состояния пожарно-спасательной техники в гарнизоне [95].

2.2.2 Алгоритм расчета критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями

Алгоритм расчета критерия оснащенности ПСГ современными ПА включает в себя следующие этапы:

1. Формирование перечня исходных данных (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Пример оформления исходных данных в табличном виде

п п/п	Тип ПА, Марка шасси основных ПА	Год выпуска	Природно-климатические условия	Категория условий эксплуатации	С высокой агрессивностью окружающей среды	01.01.2021
						Общее количество автомобилей в подразделении
1	АЦ-3,2-40 (43253)	2010	Умеренно-теплый, влажный	I	Да	36
2	АЦ-40 (131)-137	1983		III		
...		
36	АЦ 3,2-40/4 (43253) 001-МС	2011		I		

2. Проверка правильности используемых исходных данных.
3. Определение численного значения коэффициента оснащенности ПСГ современными ПА (за определенный период – год).
4. Проверка правильности расчетов.
5. Статистическая обработка данных (расчет полученных значений коэффициента оснащенности).

В приложении А указаны расчетные значения критерия оснащенности территориальных ПСГ современными ПА. Алгоритм построения расчета критерия оснащенности ПСГ современными ПА представлен на рисунке 2.3.

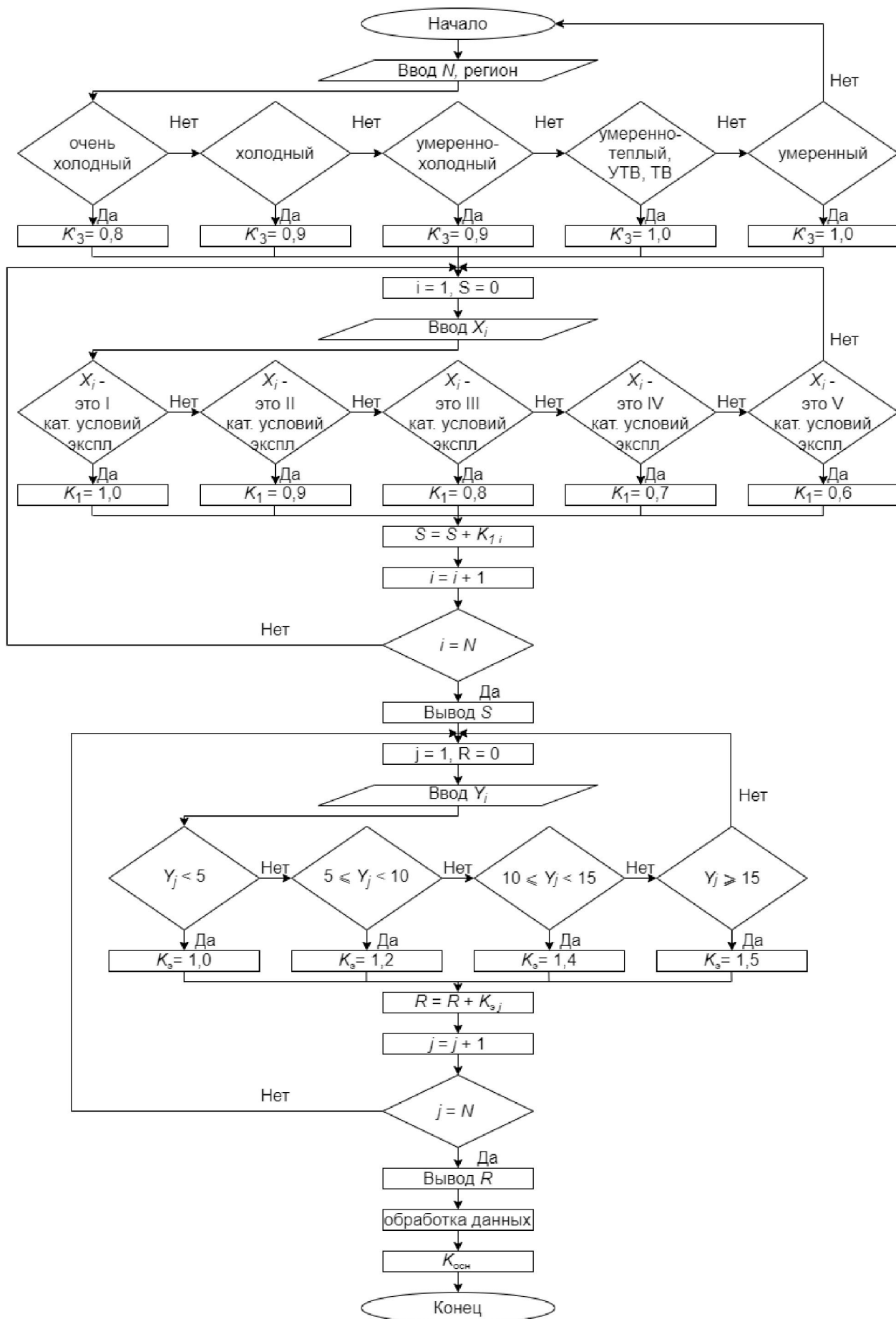


Рисунок 2.3 – Алгоритм расчета критерия оснащенности ПСГ современными ПА

2.3 Возможность применения критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями в модели поддержки принятия решений

Для применения критерия оснащенности ПСГ современными ПА в общей модели поддержки принятия решений была проверена статистическая гипотеза, состоящая в том, что предложенный критерий подчиняется нормальному закону распределения.

При проведении проверки критерия оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями были выдвинуты две гипотезы:

- 1) гипотеза H_0 – эмпирические данные подчиняются нормальному закону распределения;
- 2) гипотеза H_1 – эмпирические данные подчиняются альтернативному закону распределения.

Исследование случайной величины и ее анализ с использованием критерия статистического согласия Пирсона позволили доказать основную гипотезу H_0 , состоящую в том, что случайная величина подчиняется нормальному закону распределения. На основе полученных в ходе исследования результатов построим гистограммы теоретических и эмпирических значений случайной величины (таблица 2.2) и отобразим их на рисунке 2.4.

Таблица 2.2 – Теоретические и эмпирические значения случайной величины

$m_{j_{теор}}$	1,78	11,28	28,33	28,33	11,28	1,78	0,11
$m_{j_{эмпир}}$	1	12	24	37	6	2	1

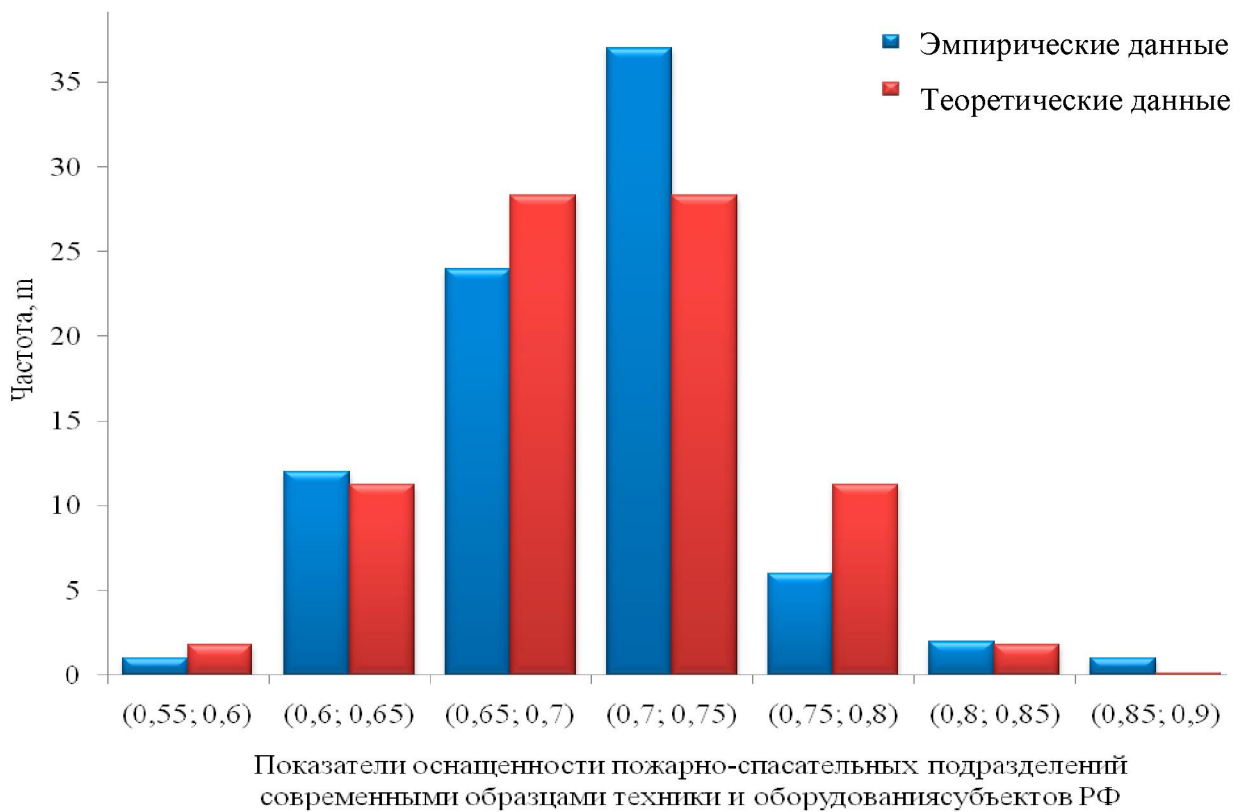


Рисунок 2.4 – Графический анализ эмпирических и теоретических данных

Таким образом, критерий оснащённости ПСГ современными ПА подчиняется нормальному распределению. Для критерия получены нормативные значения, поэтому с его помощью можно осуществлять группировку и анализ субъектов с точки зрения оснащённости, это в дальнейшем позволит использовать его для оценки уровня оснащения при распределении ПА.

Таким образом, критерии оперативной и технической готовности, а также оснащённости ПСГ современными ПА являются количественными показателями обстановки в гарнизонах пожарной охраны. Исследование данных критериев в совокупности позволит повысить уровень оснащения ПСГ за счет минимизации времени следования к месту вызова и задействования СиС на месте пожара; уменьшения отказов ПА, увеличения оснащения современными образцами техники и оборудования.

В существующих моделях сложно оценить, какой из субъектов нуждается в первоочередном оснащении, по какому принципу осуществлять ранжирование полученных критериев. Поэтому для выведения данного процесса на принципиально новый уровень и оптимизации принятия решений в данной

области предложено определение распределения ПА на основе данных критериев оперативной и технической готовности, а также оснащенности ПСГ современными ПА.

Оценка состояния гарнизона будет проведена по трем аспектам, дальнейшее ранжирование значений позволит изучить обстановку в ПСГ и выявить гарнизоны, в которых уровень оснащения минимальный, средний и оптимальный. При исследовании оснащения для распределения ПА появляется возможность оценки состояния гарнизонов не только в оперативном и техническом аспекте, но и с точки зрения времени, ведь оснащенности ПСГ современными ПА отражает срок службы техники, используемой в каждом ПСП.

Таким образом, возникает необходимость разработки информационно-аналитической модели поддержки управления распределением ПА по критериям оперативной и технической готовности и оснащенности ПСГ современными ПА, что позволит лицу, принимающему решение по улучшению состояния ПА в территориальном ПСГ путем оснащения, принять верный и научно-обоснованный выбор.

2.4 Модель и алгоритмы ранжирования и группировки территориальных пожарно-спасательных гарнизонов

Исследование критериев оперативной и технической готовности, а также оснащенности ПСГ современными ПА позволит рационализировать процесс распределения ПА. Работа в данной области обусловлена необходимостью повышения боеготовности ПСП, минимизации времени следования к месту вызова и задействования СиС на месте пожара, уменьшении отказов ПА, увеличении оснащения современными образцами техники и оборудования. В перспективе исследования позволят не только получить данные о гарнизонах, в которых есть факт нехватки пожарной техники, но и спрогнозировать динамику показателей, поможет принять концептуально правильное решение при выборе

финансирования и выделении конкретных бюджетных средств на оснащение гарнизонов.

2.4.1 Моделирование при исследовании распределения пожарных автомобилей

Последствия пожаров содержат в себе социальную и экономическую составляющую, поэтому такая оценка распределения ПА представит проблему с другой точки зрения и позволит предложить новое решение в области оснащения ПА. Для исследования оснащения для распределения ПА по критериям оперативной и технической готовности пожарной техники и оснащенности ПСГ современными ПА предложено использовать производственную функцию Кобба – Дугласа, которая, с экономической точки зрения, характеризует зависимость объема производства от создающих его факторов [96]:

$$Q = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta} \quad , \quad (2.7)$$

где A — технологический коэффициент; L — затраты труда; α — коэффициент эластичности по труду; K — затраты капитала; β — коэффициент эластичности по капиталу.

Первая разработка социально-экономической модели в пожарной охране на основе функции Кобба – Дугласа применялась для управления пожарными рисками во Вьетнаме. К.М. Чу под руководством докторов технических наук В.А. Минаева и Н.Г. Топольского исследовали модели управления пожарными рисками на основе решения задачи многовекторной оптимизации [10].

В [97] Н.Г. Топольским, Д.В. Таракановым и К.А. Михайловым была выявлена «аналогия между функцией для ранжирования вариантов управленческих решений (основанной на системном анализе частных задач управления действиями ПСП по тушению пожаров в зданиях с применением теории регрессионного анализа, коэффициента детерминации Пирсона) и

производственной функцией Кобба – Дугласа, что позволило использование свойств замещения факторов и линейной однородности последней указанной функции и сформировать важную многокритериальную задачу выбора маршрутов движения пожарных внутри здания».

В настоящее время С.Ю. Карпов под руководством Ю.В. Пруса проводят исследования в области прогноза времени сбора основной первоначальной информации на месте пожара с помощью функции Кобба – Дугласа. Ими было обосновано определение минимально-необходимого «нормативного» времени работы на месте случившегося пожара дознавателя и определены основные факторы, которые оказывают непосредственное влияние на процесс сбора и оформления первоочередной информации; построен алгоритм прогнозирования продолжительности сбора первоочередной информации на месте пожара и математическая модель определения средне-минимальной продолжительности работы дознавателя как по осмотру места пожара, так и по опросу очевидцев на основе производственной функции Кобба – Дугласа [17].

Однако социально-экономическое моделирование в вопросе распределения ПА ранее не рассматривалось. Для реализации поставленной задачи предложено использовать оперативную и техническую готовность пожарной техники и оснащенности ПСГ современными ПА, как основные факторы производства. Подставив значения в формулу (2.7), получим:

$$Q = A_0 \cdot K^\alpha \cdot L^\beta \cdot M^\gamma, \quad (2.8)$$

где A_0 – свободный множитель; K – критерий оперативной готовности пожарной техники; α – коэффициент эластичности по оперативной готовности пожарной техники; L – критерий технической готовности пожарной техники; β – коэффициент эластичности по технической готовности пожарной техники; M – критерий оснащенности пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования; γ – коэффициент эластичности по оснащенности пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования.

При этом повышением эффективности выполнения основных задач, поставленных перед пожарной охраной, является совершенствование процесса управления распределением ПА. Следует учитывать, что качество управления напрямую зависит от временного показателя, который характеризует оснащенность ПСГ современными ПА.

2.4.2 Математическая модель поддержки управления распределением пожарных автомобилей

Для реализации функции Кобба – Дугласа в исследовании эксплуатации пожарной техники, необходимо учесть относительную важность критериев оперативной и технической готовности пожарной техники и оснащенности пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования. Это позволит произвести «теоретическое обобщение понятий важности критериев для моделей ранжирования и теоретико-множественного анализа управленческих решений» [97]. Результатом исследований будет обоснованный выбор наилучшего варианта в процессе поддержки управления эксплуатацией пожарной техники.

Так как в формуле (2.8) использовано три критерия, имеющие разную природу и степень влияния на эксплуатацию, поэтому возникает необходимость упорядочивания их по уровням важности, для чего производится модификация критериев.

Модификация критериев осуществляется в соответствии с утверждением 3.5 [97] и предусматривает выбор главного критерия и изменение второстепенных по принципу степенной функции:

$$y = A \cdot x^{\theta}, \quad (2.9)$$

где A – оценка по главному критерию; x – оценка по второстепенному критерию; θ – коэффициент важности.

При этом в [97], указано, что для критериев компонент функции Кобба – Дугласа главным критерием является тот, у кого коэффициент эластичности будет иметь максимальное значение.

Поиск коэффициентов важности θ производится путем составления и последующего решения системы линейных уравнений вида:

$$\begin{cases} \omega_1 \cdot m + \omega_1 \cdot \theta_1 + \dots + \omega_1 \cdot \theta_d + \omega_1 \cdot \theta_b = \theta_1 \\ \dots \\ \omega_d \cdot m + \omega_d \cdot \theta_1 + \dots + \omega_d \cdot \theta_d + \omega_d \cdot \theta_b = \theta_d \\ \dots \\ \omega_b \cdot m + \omega_b \cdot \theta_1 + \dots + \omega_b \cdot \theta_d + \omega_b \cdot \theta_b = \theta_b \end{cases}, \quad (2.10)$$

где ω_i – нормализованные коэффициенты функции Кобба – Дугласа;

$\sum_{i=1}^m \omega_i$, m – количество критериев, входящих в функцию Кобба – Дугласа, при этом

$b = m - 1$ и $d < b$.

Поэтому расчет коэффициентов важности θ и модификацию критериев оперативной, технической готовности и оснащенности проводим по следующим этапам:

1. Нормализуем полученную в ходе анализа эксплуатации функцию Кобба – Дугласа.
2. Составим систему линейных уравнений по виду (2.10).
3. Решаем систему уравнений метода Крамера.
4. Модифицируем исходные критерии.

Реализация представленных выше этапов осуществляется следующим образом:

1. Функцию Кобба – Дугласа будем считать преобразованной, так как:

$$\alpha^* + \beta^* + \gamma^* = 1, \quad (2.11)$$

где α^* ; β^* ; γ^* – нормализованные коэффициенты эластичности функции Кобба – Дугласа.

Определим нормализованные коэффициенты эластичности по формулам:

$$\alpha^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (2.12)$$

$$\beta^* = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (2.13)$$

$$\gamma^* = \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma}. \quad (2.14)$$

Условие (2.11) выполнено, так как:

$$\alpha^* + \beta^* + \gamma^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma} + \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma} + \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma} = \frac{\alpha + \beta + \gamma}{\alpha + \beta + \gamma} = 1$$

Получим окончательный вид нормализованной функции Кобба – Дугласа:

$$\frac{Q}{A_0} = K^{\alpha^*} \cdot L^{\beta^*} \cdot M^{\gamma^*}. \quad (2.15)$$

Анализ левой части равенства $\left(\frac{Q}{A_0}\right)$ позволяет сделать вывод о том, что нормализованная функция Кобба – Дугласа является обобщением шкалы отношений, а, следовательно, должна быть инвариантной относительно положительного линейного преобразования $\varphi^* = k \cdot x + b$ – это накладывает ограничения на значения исходных параметров, а именно: значение функции Кобба – Дугласа и коэффициенты эластичности $\alpha^*, \beta^*, \gamma^*$ должны быть положительными.

2. Составим систему линейных уравнений, учитывая, что наиболее важным критерием является критерий оснащённости пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования, так как он отражает старение техники, а как следствие ее надёжность (M). Поэтому оценим возможность критериев оперативной (K) и технической (L) готовности пожарной техники относительно оснащённости пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования (M) с использованием коэффициентов важности θ_{MK} и θ_{ML} .

Запишем систему уравнений аналогичную (2.10), учитывая, что $m = 3$:

$$\begin{cases} 3\alpha^* + \alpha^* \cdot \theta_{MK} + \alpha^* \cdot \theta_{ML} = \theta_{MK} \\ 3\beta^* + \beta^* \cdot \theta_{MK} + \beta^* \cdot \theta_{ML} = \theta_{ML} \end{cases} \quad (2.16)$$

3. Выполняем над системой ряд допустимых преобразований и приводим ее к следующей записи:

$$\begin{cases} (\alpha^* - 1) \cdot \theta_{MK} + \alpha^* \cdot \theta_{ML} = -3\alpha^* \\ \beta^* \cdot \theta_{MK} + (\beta^* - 1) \cdot \theta_{ML} = -3\beta^* \end{cases} \quad (2.17)$$

Запишем систему уравнений в матричном виде:

$$\theta \cdot A = B, \quad (2.18)$$

где $\theta = \begin{pmatrix} \theta_{MK} \\ \theta_{ML} \end{pmatrix}$ – вектор-столбец коэффициентов важности (искомая часть матричного уравнения);

$A = \begin{pmatrix} \alpha^* - 1 & \alpha^* \\ \beta^* & \beta^* - 1 \end{pmatrix}$ – матрица нормализованных коэффициентов эластичности функции Кобба – Дугласа (известны из анализа);

$B = \begin{pmatrix} -3\alpha^* \\ -3\beta^* \end{pmatrix}$ – вектор-столбец свободных членов.

Выполним ряд преобразований:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha^* - 1 & \alpha^* \\ \beta^* & \beta^* - 1 \end{vmatrix} = (\alpha^* - 1) \cdot (\beta^* - 1) - \beta^* \cdot \alpha^* = \alpha^* \cdot \beta^* - \alpha^* - \beta^* + 1 - \beta^* \cdot \alpha^* = 1 - \alpha^* - \beta^* = \gamma^*, \quad (2.19)$$

$$\Delta_{MK} = \begin{vmatrix} -3\alpha^* & \alpha^* \\ -3\beta^* & \beta^* - 1 \end{vmatrix} = -3\alpha^* \cdot (\beta^* - 1) + 3\beta^* \cdot \alpha^* = 3(\beta^* \cdot \alpha^* - \alpha^* \cdot \beta^* + \alpha^*) = 3\alpha^*, \quad (2.20)$$

$$\Delta_{ML} = \begin{vmatrix} \alpha^* - 1 & -3\alpha^* \\ \beta^* & -3\beta^* \end{vmatrix} = -3\beta^* \cdot (\alpha^* - 1) + 3\alpha^* \cdot \beta^* = 3(\alpha^* \cdot \beta^* - \beta^* \cdot \alpha^* + \beta^*) = 3\beta^*. \quad (2.21)$$

Далее, используя метод Крамера, находим неизвестные переменные:

$$\theta_{MK} = 3 \frac{\alpha^*}{\gamma^*}, \quad (2.22)$$

$$\theta_{ML} = 3 \frac{\beta^*}{\gamma^*}. \quad (2.23)$$

4. Таким образом, в результате преобразований модифицированные критерии будут иметь вид [98]:

$$Q_1 = M \cdot K^{\theta_{МК}}; Q_2 = M \cdot L^{\theta_{МЛ}}; Q_3 = M. \quad (2.24)$$

Применим предложенную многокритериальную модель поддержки управления для решения задачи распределения ПА. Воспользовавшись аналогией и обозначим K – критерий оперативной готовности ПА ($K_{ог}$); L – критерий технической готовности ($K_{т.г}$); M – критерий оснащенности ПСГ современными ПА ($K_{осн}$); α^* – нормализованный коэффициент эластичности по оперативной готовности; β^* – нормализованный коэффициент эластичности по технической готовности; γ^* – нормализованный коэффициент эластичности по оснащенности ПСГ современными ПА.

Так как необходимость исследования обусловлена получением ряда данных и ранжированием их по предпочтительности для получения наглядной обстановки эксплуатации пожарной техники предложено в новой задаче многокритериального выбора реализовать проверку векторных оценок вариантов на оптимальность по Парето.

2.5 Алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей

В развернутом виде модель поддержки управления распределением ПА на основе функции Кобба – Дугласа представлена выше, но кратко ее можно описать с помощью алгоритма:

- 1) анализ критериев распределения ПА;
- 2) расчет параметров с помощью функции Кобба – Дугласа, которые учитывают степень влияния критериев на распределение ПА;
- 3) модификация критериев распределения ПА;
- 4) построение модели распределения ПА и ранжирование показателей.

Из представленных этапов графически составим алгоритм поддержки управления распределением ПА на основе функции Кобба – Дугласа (рисунок 2.5).

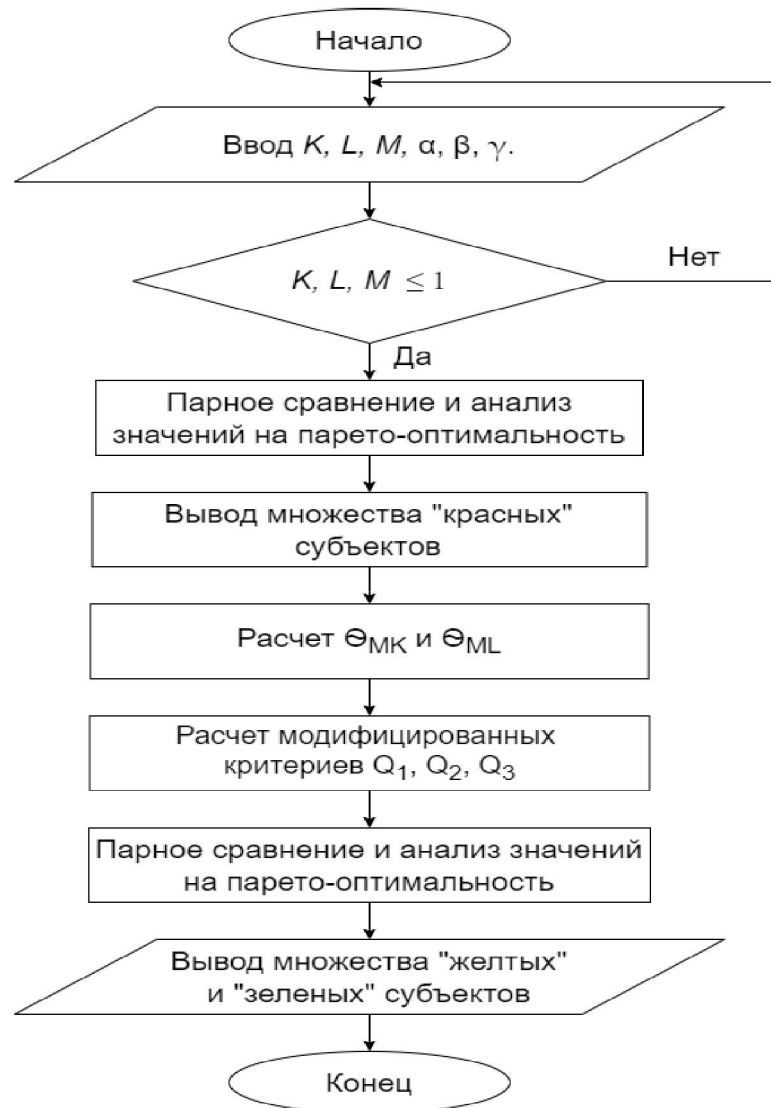


Рисунок 2.5 – Алгоритм поддержки управления распределением ПА в территориальные ПСГ на основе функции Кобба – Дугласа

Для упорядочивания процедуры принятия решений по поддержке управления распределением ПА и ранжирования и группировки территориальных ПСГ был разработан алгоритм, представленный на рисунке 2.6.

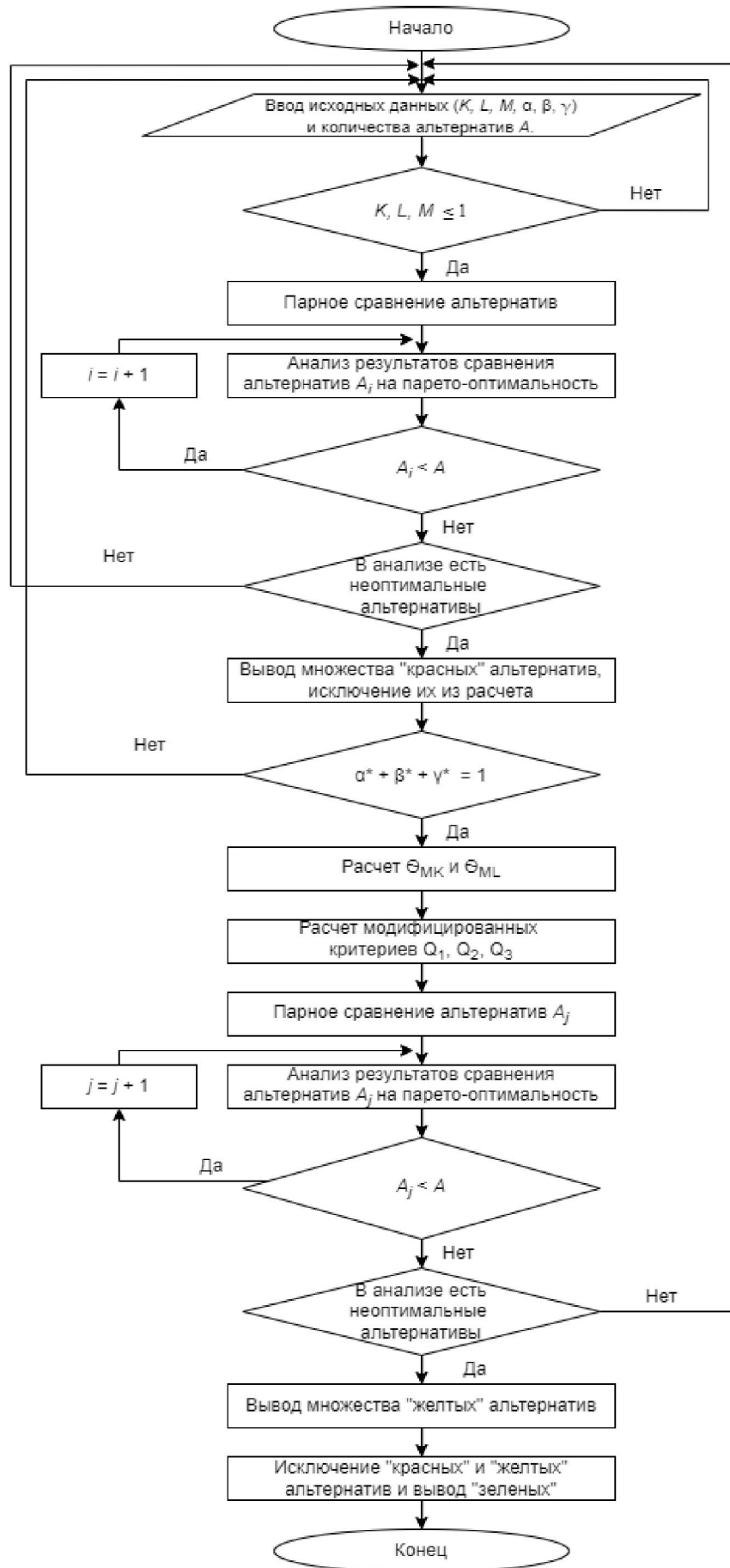


Рисунок 2.6 – Алгоритм группировки и ранжирования территориальных пожарно-спасательных гарнизонов

2.6 Ранжирование вариантов поддержки управления распределением пожарных автомобилей

К полученным в ходе реализации математической модели поддержки управления распределением ПА на основе функции Кобба – Дугласа значениям необходимо применить процедуру ранжирования для определения порядка оснащения ПСГ.

Для рациональной группировки субъектов в порядке предпочтительности предлагается определение конкретных множеств субъектов, отражающих уровень оснащения каждого гарнизона. Так, в [99] для того, чтобы оценить состояние автомобильной техники в соединениях и воинских частях гражданской обороны (относящихся к системе МЧС России учреждениях и предприятиях), четко прописаны значения технической готовности для четырех оценок состояния техники – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно». Данный нормативный правовой документ был принят в XX в. и действителен по настоящее время, но он не распространяется на ПСП МЧС России. Хотя там и существуют значительные недоработки, но основное направление определено верно – именно в нем прописаны значения, оказывающие значительное влияние на готовность подразделения к выполнению задач по назначению.

Используя модель поддержки управления распределением ПА на основе экономической функции Кобба – Дугласа, ранжирование полученных путем расчетов результатов предлагается проводить путем деления на группы, как и в [99].

Так, на основе разработанной математической модели поддержки управления распределением ПА будут выделены 3 множества субъектов (территориальных ПСГ) – 3 группы по принципу оптимальности по Парето:

- «красная» – субъекты с минимальным уровнем оснащения;
- «желтая» – субъекты со средним уровнем оснащения;
- «зеленая» – субъекты с оптимальным уровнем оснащения.

Такая группировка позволит лицу, принимающему решение, наглядно увидеть обстановку в каждом конкретном ПСГ на фоне страны или федерального округа. Это значительно упростит процедуру принятия решений и выведет систему поддержки управления распределением ПА на новый уровень в условиях ограниченных ресурсов, что в современном мире с учетом лимита финансирования является актуальным.

2.7 Схематическое описание системы поддержки принятия решений по распределению пожарных автомобилей

Проблема выбора, стоящая перед лицом, принимающим решение по распределению ПА, выявляет необходимость структурирования и ранжирования территориальных гарнизонов пожарной охраны. Поэтому на основе разработанной математической модели была создана информационная система по поддержке управления распределением ПА, которая содержит данные по трем критериям в ПСГ за несколько лет и позволяет на основе определенного количества данных определить оперативную обстановку в каждый момент времени.

Функциональная модель системы поддержки принятия решений по распределению ПА в территориальных гарнизонах пожарной охраны на основе оценки трех предложенных критериев представлена на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Модель поддержки принятия решений по распределению ПА

Схема, представленная на рисунке 2.7, включает в себя 3 блока.

1. Блок № 1 ввод или расчет значений (ввод необходимых данных для расчета критериев оперативной и технической готовности пожарной техники и оснащенности ПСГ современными образцами техники и оборудования или ввод уже готовых значений). Упорядоченные значения для каждого ПСГ парно сравниваются по 3 критериям и проверяются на оптимальность по Парето, в результате происходит вывод множества «красных» ПСГ (данные гарнизоны нуждаются в первоочередном оснащении).

2. Блок № 2 ввод данных (определение и ввод критериев важности). После ввода значений проводится расчет модифицированных критериев по функции Кобба – Дугласа и проверка на оптимальность по Парето, в результате осуществляется вывод множества «желтых» ПСГ (данные гарнизоны нуждаются во второстепенном оснащении). Следующим шагом является анализ значений, полученных в блоках № 1 и 2, и вывод множества «зеленых» ПСГ (данные

гарнизоны являются оптимальными с точки зрения оснащения для распределения в них ПА).

3. Блок № 3 вывод результатов расчетов с их ранжированием. В блоке происходит формирование отчета с делением субъектов по трем множествам («красных», «желтых», «зеленых»).

Выводы по второй главе

1. Разработана математическая модель поддержки управления распределением ПА на основе количественной оценки уровня оснащения территориального пожарно-спасательного гарнизона. Предложена процедура парного сравнения вариантов управленческих решений по оснащению территориальных ПСГ с целью их ранжирования по предпочтительности для обеспечения ПА.

2. Разработана структурная схема системы поддержки принятия решений по распределению ПА в территориальные ПСГ, реализующая процедуры распределения ПА на основе ранжирования вариантов управленческих решений.

3. Проведена разработка количественного показателя (критерия) оснащенности ПСГ современными ПА для применения в модели поддержки управления при принятии решений по оценке оснащенности парка ПА.

4. Выполнен функциональный анализ количественных показателей (критериев) модели поддержки управления, что позволяет утверждать о существенном влиянии нового критерия оснащенности ПСГ на процесс принятия решений по распределению ПА по территориальным ПСГ.

5. Разработан алгоритм поддержки управления распределением ПА в территориальные ПСГ на основе функции Кобба – Дугласа, который в кратком виде отражает порядок применения предложенной в работе модели.

6. Разработан алгоритм поддержки управления по оценке предпочтительности территориальных ПСГ при принятии решений по

распределению ПА. При практическом применении алгоритма с учетом оценок вариантов решений по критериям оперативной и технической готовности и оснащённости ПСГ современными ПА обоснована необходимость разработки информационно-аналитической системы.

ГЛАВА 3 ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Из [100] следует: «Информационная система – совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств». Таким образом, информационная система представляет собой организационно упорядоченную систему поиска и обработки данных в соответствии с требованиями предметной совокупности программно-аппаратных и других вспомогательных средств и обеспечивает надежное долговременное хранение больших объемов информации, а также области [101].

В [13] была предложена «модель, которая основана на теории принятия решений в условиях риска и позволяет реализовать оценку значений оперативной и технической готовности через конкретные числа по отдельным направлениям и в результате получить определенный интегральный критерий уровня риска, соответствующий каждому из вариантов принятия решений по переоснащению парка основных ПА». При этом реализация процедуры ранжирования вариантов переоснащения ПСГ основана на методе многокритериальной оптимизации [102]. При углубленном изучении указанной выше модели было выявлено, что она позволяет оценить динамику показателей оперативной и технической готовности на региональном уровне, то есть в рамках одного субъекта РФ [103].

Предложенные критерии и позволяют провести оценку оснащения при распределении ПА в оперативном и техническом отношении, но в информационно-аналитической модели не отражена главная составляющая – состояние ПА, срок их эксплуатации, поэтому полная оценка оснащения должна быть проведена с учетом критерия оснащенности ПСГ современными ПА; изменение процедуры ранжирования полученных данных позволит выбрать наиболее слабые, средние и оптимальные с точки зрения оснащения ПСП и гарнизоны. Предложенную в данной диссертационной работе модель поддержки управления распределением ПА возможно реализовать на 3 уровнях управления

для обоснованного и верного принятия решений по распределению финансирования на оснащение (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Схематическое применение модели поддержки управления распределением ПА на 3 уровнях управления

Использование модели в совокупности на всех уровнях управления приведет к обоснованному принятию решений в области оснащения пожарно-спасательной техники, а также выведет процедуру распределения пожарной техники в стране на новый уровень.

3.1 Информационные ресурсы для поддержки управления распределением пожарных автомобилей

Информационные ресурсы – это совокупность данных, структурированных для эффективного получения достоверной информации. Они входят в понятие

«информационная система» [104]. В результате исследований автором совместно с коллективом была разработана информационная система, в состав которой входят программа для ЭВМ и две информационно-справочные базы данных.

База данных по оперативной готовности пожарной техники в Российской Федерации [105] сокращает временные затраты по поиску информации для определения критерия оперативной готовности, а также показателя занятости пожарной техники [106]. В состав реляционной модели базы данных включено девять объектов, представленных на рисунке 3.2:

1) значения вероятности для определения величины интервала в базе данных обозначены как «Вероятность»;

2) значения удельной занятости пожарной техники по климатическим районам Российской Федерации в базе данных обозначены как «Занятость КЗ»;

3) значения удельной занятости пожарной техники по федеральным округам Российской Федерации в базе данных обозначены как «Занятость ФО»;

4) коэффициенты оперативной готовности пожарной техники по климатическим районам Российской Федерации в базе данных обозначены как «Коэффициенты КЗ»;

5) коэффициенты оперативной готовности пожарной техники по федеральным округам Российской Федерации в базе данных обозначены как «Коэффициенты КЗ»;

6) перечень климатических районов Российской Федерации в базе данных обозначены как «КЗ»;

7) перечень федеральных округов Российской Федерации в базе данных обозначены как «ФО»;

8) перечень территориальных ПСГ Российской Федерации в базе данных обозначены как «Объекты»;

9) основной запрос и форма БД.

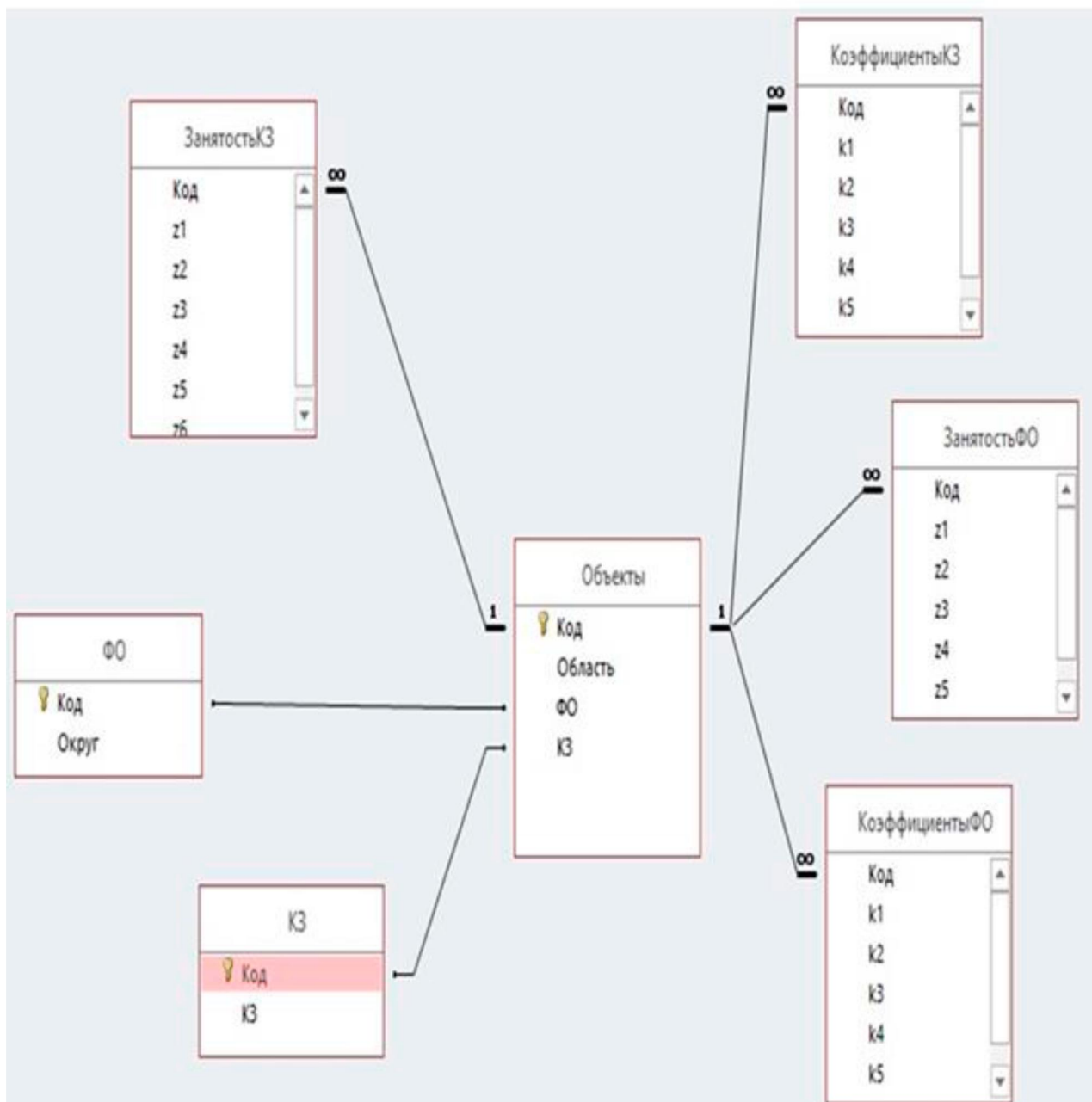


Рисунок 3.2 – Реляционная модель оперативной готовности пожарной техники

При этом начальный запрос базы данных предполагает выбор субъекта Российской Федерации (территориального ПСГ), который представлен на рисунке 3.3.

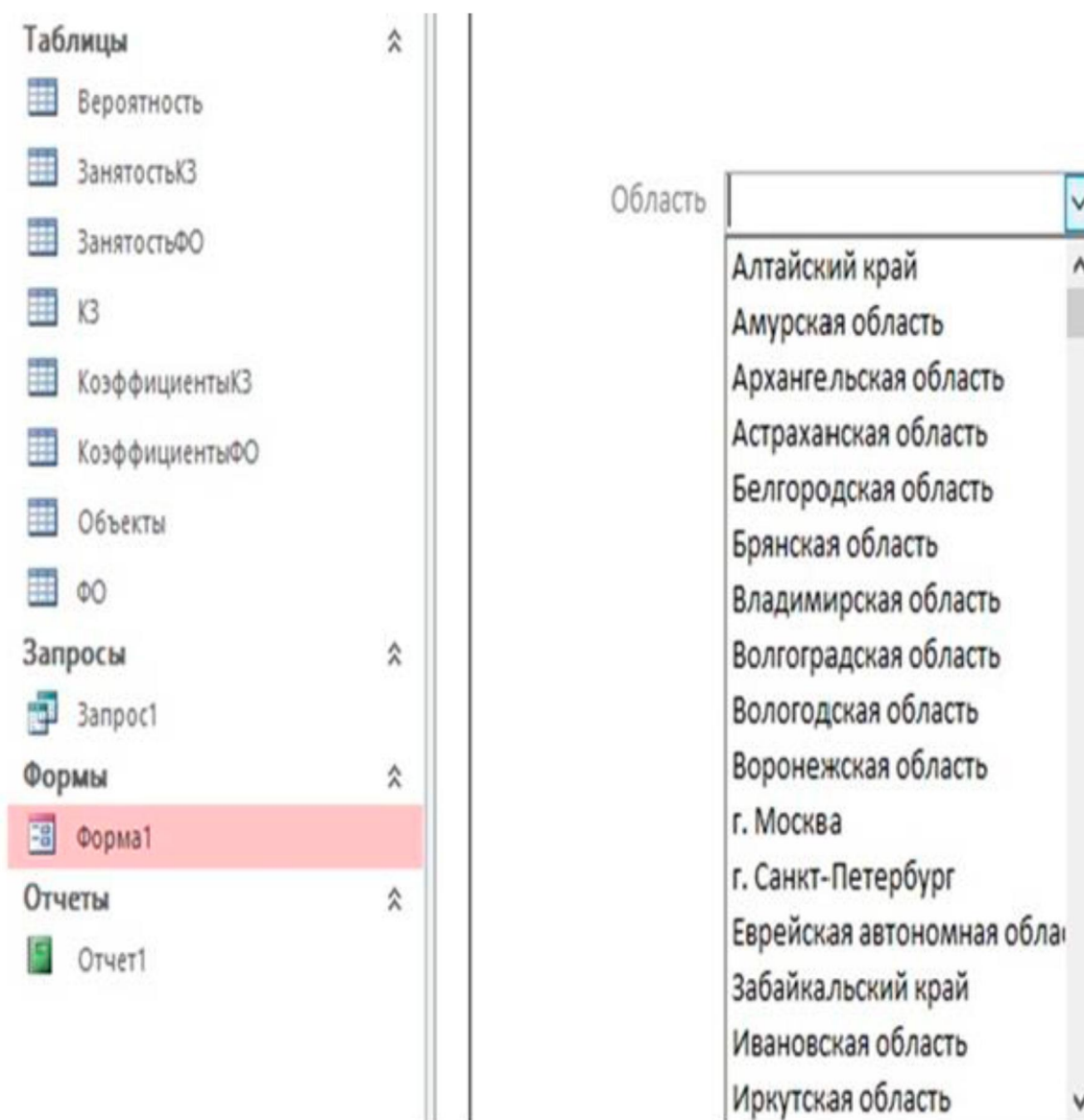


Рисунок 3.3 – Форма базы данных при начальном запросе

При выборе конкретного региона из выпадающего списка в «Форма1» (рисунок 3.3), на экран выводится «Запрос1» со всей имеющимися значениями, который представлен объектом 9 – основным запросом и формой базы данных (рисунок 3.4), для удобного представления и использования имеющихся значений формируется отчет со всей необходимой информацией (рисунок 3.5).

Занятость ПА послужила основой для расчета оперативной готовности [107], поэтому в таблице А.1 приложения А приведены значения занятости техники в каждом субъекте Российской Федерации.

Поиск...

Таблицы

- Вероятность
- ЗанятостьКЗ
- ЗанятостьФО
- КЗ
- КоэффициентыКЗ
- КоэффициентыФО
- Объекты
- ФО

Запросы

- Запрос1

Формы

- Форма1

Отчеты

- Отчет1

Код	Область	Округ	КЗ	Занятость
3	Архангельская область	Северо-западный федеральный округ	Полярная зона	

Рисунок 3.4 – Исходная форма системы поддержки принятия решений

Таблицы

- Вероятность
- ЗанятостьКЗ
- ЗанятостьФО
- КЗ
- КоэффициентыКЗ
- КоэффициентыФО
- Объекты
- ФО

Запросы

- Запрос1

Формы

- Форма1

Отчеты

- Отчет1

Отчет1

Код	3
Область	Архангельская область
Округ	Северо-западный федеральный округ
КЗ	Полярная зона
ЗанятостьКЗ.z1	7850
ЗанятостьКЗ.z2	6668
ЗанятостьКЗ.z3	5106
ЗанятостьКЗ.z4	3925
ЗанятостьКЗ.z5	2743
ЗанятостьКЗ.z6	1181
ЗанятостьФО.z1	7850
ЗанятостьФО.z2	6668
ЗанятостьФО.z3	5106
ЗанятостьФО.z4	3925
ЗанятостьФО.z5	2743
ЗанятостьФО.z6	1181
КоэффициентыКЗ.k1	0,916136
КоэффициентыКЗ.k2	0,928759
КоэффициентыКЗ.k3	0,945445

Рисунок 3.5 – Исходный вид отчета системы поддержки принятия решений

Анализ расчетных значений занятости в зависимости от величины риска позволил совершенствовать информационно-аналитическую модель поддержки принятия решений по переоснащению и оснащению парка основной пожарной техники в социотехнической системе территориальных ПСГ и упростить процедуру ранжирования в порядке предпочтительности при принятии решений по проведению переоснащения [108].

Была разработана база данных «Показатели эксплуатации ПА в субъектах Российской Федерации», которая позволяет осуществлять быстрый поиск и получение данных за 10 лет (с 2010 по 2019 гг. включительно) о показателях эксплуатации (занятости ПА (S), оперативной готовности ПСП ($K_{ог.}$), оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования ($K_{осн.}$)) в каждом территориальном ПСГ (субъекте) Российской Федерации (рисунок 3.6) [109].

Код	Наименование субъекта Российской Федерации	Критерии	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1179	Республика Адыгея (Адыгея)	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	360,62	305,80	259,65	128,76	248,61	315,75	186
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,995184	0,996208	0,996837	0,998458	0,996861	0,996013	0,997
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,740741	0,746667	0,750000	0,743590	0,766017	0,750341	0,768
1184	Республика Алтай	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	272,19	207,42	341,39	273,32	240,51	148,83	124
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,992124	0,994460	0,991219	0,993221	0,994035	0,996309	0,996
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,679245	0,726708	0,738602	0,715909	0,715909	0,681081	0,675
1101	Алтайский край	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	4038,47	3812,60	4278,15	1918,14	3089,62	2433,60	2942
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,992600	0,993159	0,992382	0,996628	0,994499	0,995633	0,994
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,615149	0,617991	0,618175	0,617188	0,620799	0,619530	0,615
1110	Амурская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	1854,304	2508,614	2371,912	1398,512	2447,616	2326,175	2144
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,983904	0,978755	0,980847	0,989444	0,979765	0,980769	0,982
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,641140	0,645105	0,655377	0,652997	0,655681	0,670807	0,677
1111	Архангельская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	3012,340	2256,181	1789,225	1990,493	1897,277	2118,112	1916
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,960530	0,970985	0,978577	0,978734	0,978041	0,975485	0,978
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,646341	0,653226	0,660759	0,656566	0,665025	0,672478	0,672
1112	Астраханская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	691,022	739,373	1190,296	734,589	1037,622	1892,134	836
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,994727	0,994595	0,991565	0,994999	0,993071	0,987720	0,994
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,709275	0,722433	0,723247	0,728051	0,727273	0,718603	0,717
1180	Республика Башкортостан	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	6614,460	3250,926	3861,236	2787,797	3336,830	2936,175	3287
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,982057	0,991700	0,990320	0,993278	0,991754	0,992692	0,993
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,661309	0,670134	0,666399	0,658704	0,661522	0,644177	0,642
1114	Белгородская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	957,762	753,085	717,173	538,118	1003,795	687,805	401
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,988331	0,990825	0,991699	0,994251	0,988382	0,991765	0,995
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,717884	0,725191	0,732601	0,719027	0,735294	0,730479	0,730
1115	Брянская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	1869,997	1526,893	1260,386	1338,104	2343,233	3104,792	1628
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,976389	0,982028	0,985651	0,985250	0,972420	0,964654	0,981
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,700637	0,720391	0,727056	0,723307	0,734745	0,738499	0,730
1181	Республика Бурятия	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	983,808	1169,337	989,014	992,934	913,882	1222,545	1067
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,982482	0,979178	0,982830	0,982762	0,983299	0,977054	0,975
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,630162	0,634720	0,633803	0,630473	0,644068	0,640385	0,656
1117	Владимирская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	3722,890	2352,458	2109,614	2158,973	3282,710	2383,625	1698
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,988808	0,992989	0,993739	0,993727	0,990381	0,993016	0,995
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,699364	0,702866	0,699552	0,699649	0,703682	0,694607	0,692
1118	Волгоградская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	5741,323	3763,129	3721,912	4153,370	5228,455	5368,896	2544
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,981627	0,988281	0,988713	0,987778	0,984934	0,984844	0,992
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,727944	0,728044	0,727446	0,729521	0,737229	0,733890	0,737
1119	Вологодская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	2307,148	2268,663	2009,595	2190,403	2995,573	2113,964	1761
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,986974	0,987496	0,989428	0,988815	0,984120	0,988620	0,990
		Оснащенность пожарно-спасательного гарнизона (K осн.)	0,727811	0,728745	0,729282	0,738328	0,757663	0,733788	0,735
1120	Воронежская область	Занятость пожарно-спасательной техники (S)	5857,403	2866,652	3146,578	2784,699	5609,962	5033,405	2460
		Оперативная готовность пожарно-спасательного гарнизона	0,975643	0,988870	0,987937	0,989547	0,979378	0,981600	0,981

Рисунок 3.6 – Основной экран базы данных «Показатели эксплуатации ПА в субъектах Российской Федерации»

Значения, представленные в источнике [109] легко группируются, включение фильтров позволяет оперативно вывести на экран необходимые данные, что позволит сравнить их и сделать определенные выводы.

Расчетные значения оснащенности ПСГ современными ПА в Российской Федерации, необходимые для реализации предложенной модели поддержки управления распределением ПА, приведены в таблице А.2 приложения А.

Разработана база данных, включающая в себя информацию о количестве автомобилей, выездов и 3 показателях: оперативной и технической готовности и оснащенности современными ПА, для Московского территориального ПСГ, при этом все значения определены по административным округам, что позволяет исследовать обстановку не только по городу в целом, но и по его административным единицам (рисунок 3.7) [110].

Общее количество выездов на пожар основных ПА	Количество ТО основных ПА	Количество ремонтов основных ПА	Общее количество задействованных основных ПА	Общее время занятости основных ПА на пожарах	Среднее число пожаров в день	Количество основных ПА по сроку службы															Техническая готовность	Оснащенность	Оперативная готовность				
						До 5 лет					От 5 до 10 лет					Св. 15 лет											
						I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V							
3577	324	5	9800	107310	9,8	5				8					9					5					0,815299622	0,778097983	0,99931
3796	324	6	10014	113880	10,4	5				5					12					5					0,796736005	0,764872521	0,99921
2774	324	5	8457	97090	7,6	8				3					11					5					0,811170303	0,782608696	0,99941
2446	324	4	7348	92929	6,7	12				7					7					1					0,85204352	0,851735016	0,99941
1752	324	3	7008	61520	4,8	17				7					2					1					0,878877051	0,909090909	0,99951
1132	324	7	5094	42997	3,1	15				5					4					3					0,844089295	0,868167203	0,99961
1022	324	6	4599	35770	2,8	15				8					3					1					0,863444952	0,891089109	0,99961
803	324	5	3212	28105	2,2	13				12					1					1					0,881357461	0,891089109	0,99971
767	324	6	3454	22995	2,1	8				12					6					1					0,854800158	0,835913313	0,99971
657	324	8	1679	19710	1,8	2				18					5					2					0,847626698	0,803571429	0,99981
1739	348	6	8695	26085	4,7	10				14					4					1					0,853516507	0,854572227	0,99941
811	348	5	4055	16220	2,2	12				16					1										0,886099302	0,889570552	0,99971
697	348	7	3485	12546	1,9	11				17					1										0,876258332	0,884146341	0,99971
926	348	5	4630	17894	2,5	11				17					1										0,884590353	0,884146341	0,99961
1125	348	6	5625	19125	3,1	11				16					2										0,872626358	0,878787879	0,99961
779	348	8	3895	12464	2,1	11				17					1										0,869513987	0,884146341	0,99971
717	348	5	3585	10755	1,9	10				18					1										0,887332704	0,878787879	0,99971
568	360	6	2840	10224	1,5	9				20															0,887303837	0,878787879	0,99981
830	348	7	3606	14940	2,2	9				19					1										0,875940797	0,873493976	0,99971
702	348	5	3510	13338	1,9	9				19					1										0,887529523	0,873493976	0,99971
170	184	5	463	5694	0,5	2				5					5					1					0,813517153	0,787878788	0,99991
158	126	4	392	3610	0,4	3				6					1										0,84934551	0,862068966	0,99991
130	154	3	379	4082	0,4	5				6															0,881313131	0,901639344	0,99991
128	210	6	324	4035	0,4	9				6															0,861369863	0,925925926	0,99991
116	224	4	341	3751	0,5	8				7					1										0,879711195	0,898876404	0,99991
108	224	2	357	4431	0,3	7				8					1										0,899849037	0,888888889	0,99991
101	224	4	286	3248	0,3	7				8					1										0,879632801	0,888888889	0,99991
98	224	5	293	3712	0,3	7				8					1										0,869325533	0,888888889	0,99991
224	224	4	1147	11389	0,6	5				10					1										0,875537481	0,869565217	0,99981
224	224	3	1123	9377	0,6	3				12										1					0,883925609	0,846560847	0,99981
2649	396	35	6623	13115	10,04		5			8	6				8	3					3				0,69381832	0,791366906	0,99961
3396	396	44	7811	16055	12,04	1	5			9	5				8	2					3				0,64948388	0,799031477	0,99951
5356	396	49	8034	14907	14,05		6				7				4						5	2			0,630538239	0,799031477	0,99951
4627	396	48	9254	15646	14,06		5	1			9	8			4						5	1			0,635943914	0,804878049	0,99941
7278	396	55	13828	16230	12,05	3	5	1			9	7			2						5	1			0,597001522	0,825	0,99921
7262	396	42	17429	15433	11,06	3	4	2			10	5			2						5	2			0,650217241	0,818838561	0,99891
7590	396	38	17457	15003	12,07		5	2			10	5			6						5				0,663601771	0,806845966	0,99891
8567	396	36	17744	16273	16,09		6	1			11				6						6	1			0,643364487	0,785180733	0,99841

Рисунок 3.7 – Основной экран базы данных «Показатели оперативной и технической готовности и оснащенности современными пожарными автомобилями Московского территориального пожарно-спасательного гарнизона»

Таким образом, разработанные базы данных [105, 110] позволяют в совокупности со статистическими данными по технической готовности сформировать систему поддержки принятия решений по распределению ПА в Российской Федерации для интерпретации лицом, принимающим решение, верного выбора по улучшению уровня оснащения пожарно-спасательной техникой.

Однако рассмотренные выше базы данных содержат ограниченный объем информации за прошедший временной период, поэтому для формирования актуальных данных по критериям оперативной и технической готовности ПСП и оснащенности ПСГ современными ПА была разработана программа для ЭВМ «Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной техники», которая позволяет оценить обстановку в гарнизоне или подразделении в любой момент времени (рисунок 3.8), листинг программы располагается в приложении Б [111, 110].

Срок службы: до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	свыше 15 лет
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Количество выездов	Занятость	Кол-во отказов	Кол-во ремонтов
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Кол-во привлеченных автомобилей			
<input type="text" value="0"/>			
<input type="text"/>	<input type="button" value="Расчет"/>		
К осн.	К о.г.	К т.г.	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
*Климатические районы:			
1 - очень холодный			
2 - холодный, умеренно-холодный			
3 - умеренный, умеренно-теплый, умеренно-теплый влажный, теплый влажный			

Рисунок 3.8 – Интерфейс программы для ЭВМ «Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной техники»

В первые три строки данных вводятся значения соответствующих параметров для любого уровня управления (рисунок 3.1), в четвертой строке из предложенного списка выбираются природно-климатические условия. После того, как все данные введены, нажимается кнопка «Расчет». В результате на экране выводятся рассчитанные значения оперативной и технической готовности и оснащенности современными ПА.

Для оценки достоверности предложенного алгоритма используется программный комплекс многокритериального анализа, разработанный Н.Г. Топольскими его учениками, которые реализовали методологическую связку для поддержки принятия решений на основе функции Кобба – Дугласа и принципа оптимальности по Парето [97]. После определенной модификации программного комплекса, появилась возможность его применения для ранжирования вариантов оснащения на основе оптимальности по Парето. Результаты показали сходимость полученных данных, что подтверждает достоверность разработанного в п. 2.5 алгоритма.

В представленном программном обеспечении можно выделить 7 связанных блоков:

Блок № 1 – ввод данных. Предполагает ввод значений оперативной, технической готовности, оснащенности ПСГ современными ПА. При этом возможности программы не ограничивают количество заданных критериев и вариантов (рисунок 3.9).

Исходные данные | Нормализация | Парето 1 | Мод. вekt. критерия | Парето 2 | Результат

Варианты и векторные оценки

	f1	f2	f3
x1			
x2			
x3			
x4			
x5			
x6			

Добавить вариант | Удалить
Добавить критерий | Удалить

Очистить

Весовые коэффициенты:

w1	w2	w3

Модель интегрального критерия

Аддитивная Мультипликативная

Граница выбранного множества

Минимальная Максимальная

Расчитать

Выбирается количества критериев и вариантов

Ввод значений критериев

Выбор модели интегрального критерия

Выбор границы выбранного множества

Рисунок 3.9 – Экранный вид ввода исходных данных программной реализации процедур многокритериального анализа

Блок № 2 – выбора задач. Определяется модель интегрального критерия из двух вариантов (аддитивная или мультипликативная) и граница выбранного множества (минимальная или максимальная) (рисунок 3.9).

Блок № 3 – построения множества Парето и ранжирование. Осуществляется выборка оптимальных гарнизонов первого этапа. На данном этапе происходит вывод вариантов, которые с точки зрения средств оснащения не являются в первую очередь нуждающимися (рисунок 3.10).

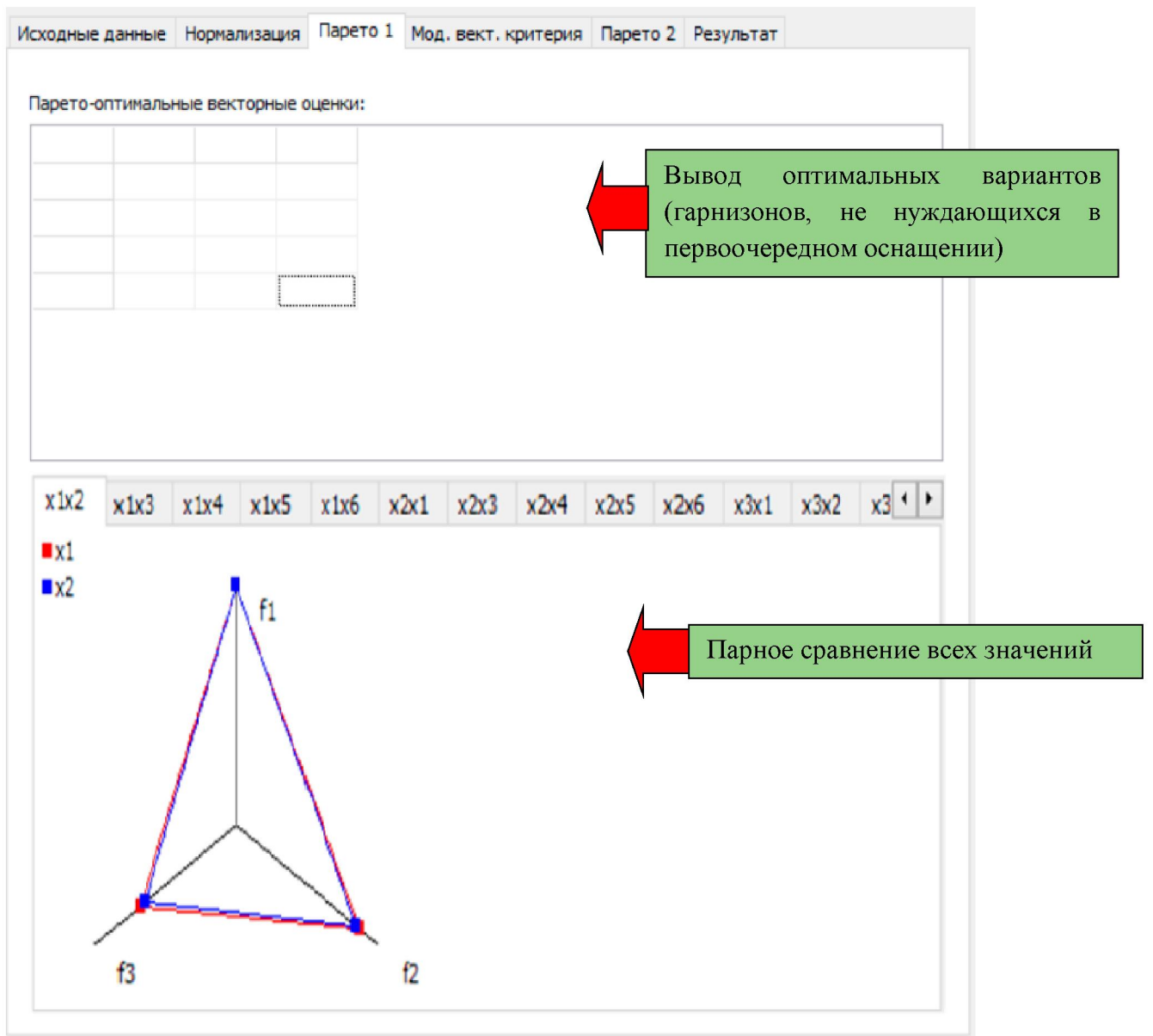


Рисунок 3.10 – Экранный вид построения множества Парето на первом этапе программной реализации процедур многокритериального анализа

Блок № 4 – расчета информации об относительной важности. Данные расчеты производятся с помощью формул 2.21 и 2.22 (рисунок 3.11).

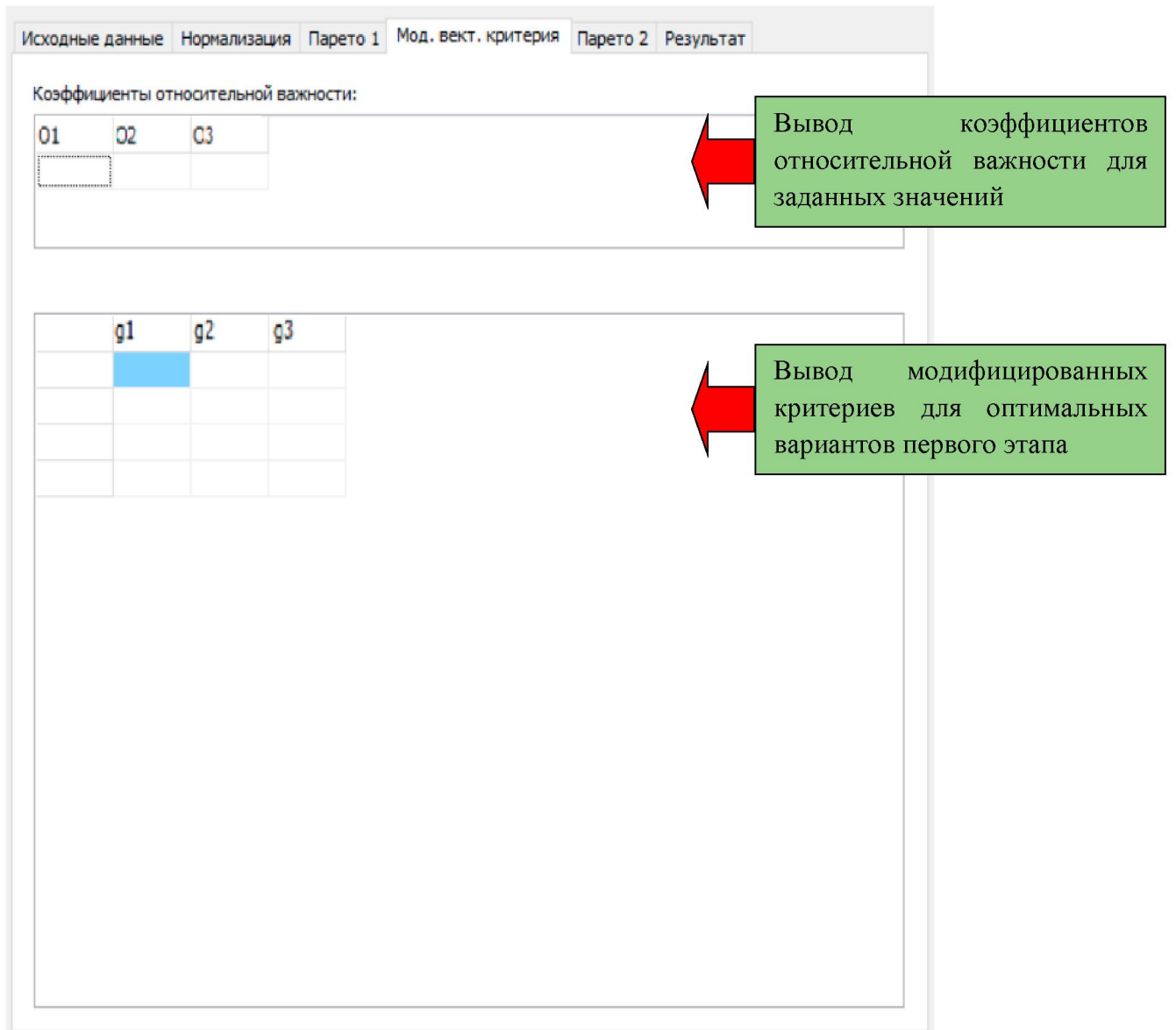


Рисунок 3.11 – Экранный вид модификации векторного критерия программной реализации процедур многокритериального анализа

Блок № 5 – модификации векторного критерия. Процедура реализуется на основе формулы 2.23 (рисунок 3.11).

Блок № 6 - построения множества Парето и ранжирование. Осуществляется выборка оптимальных гарнизонов второго этапа – отсеиваются варианты, требующие средств оснащения во вторую очередь и на экран выводятся оптимальные гарнизоны (рисунок 3.12).

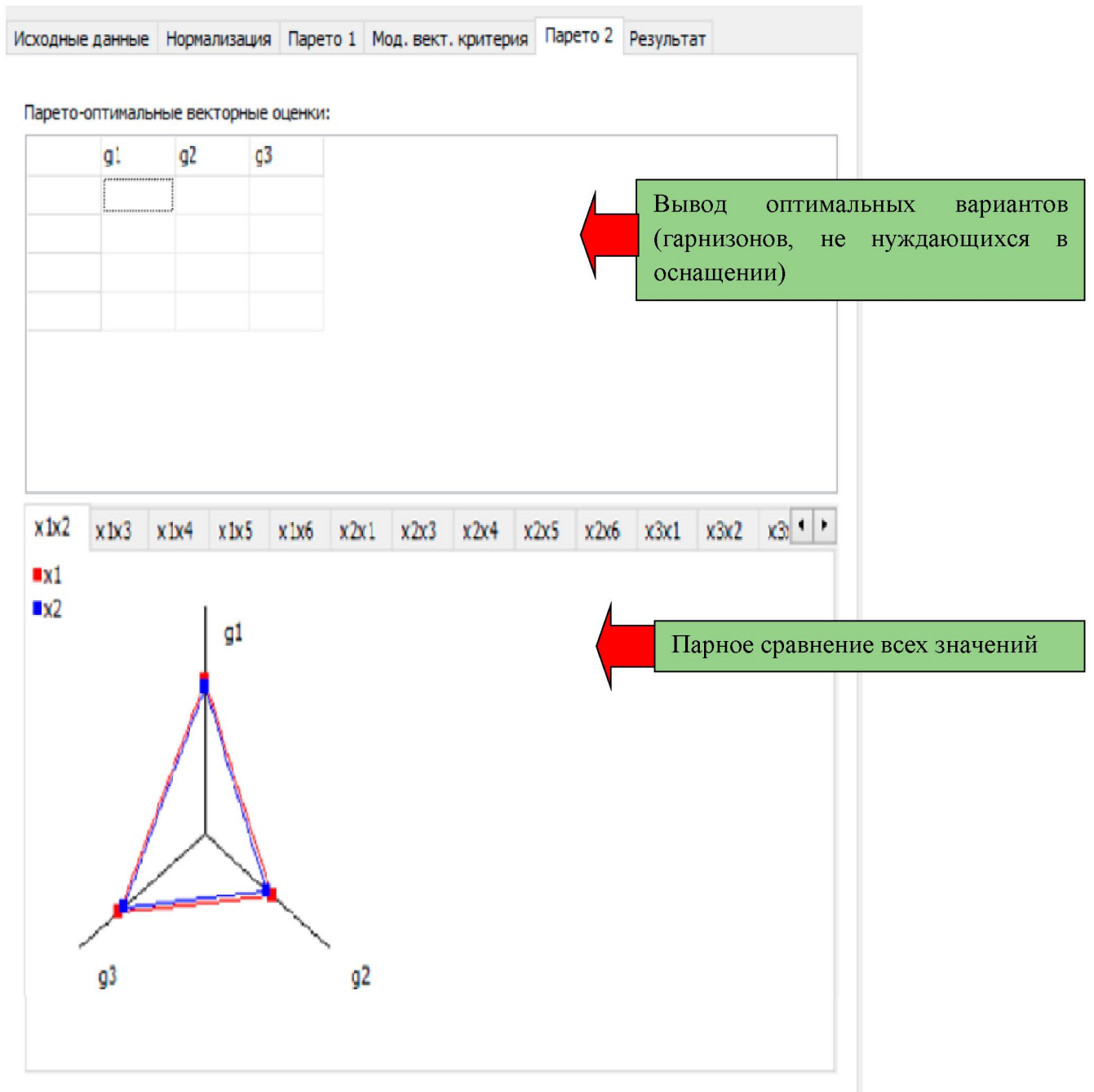


Рисунок 3.12 – Экранный вид построения множества Парето на втором этапе программной реализации процедур многокритериального анализа

Блок № 7 – визуализация полученных результатов. Реализуется вывод на экран схемы с распределением субъектов по цветам с точки зрения необходимости оснащения («красные» – нуждающиеся в первоочередном оснащении; «желтые» – нуждающиеся во второстепенном оснащении; «зеленые» – не нуждающиеся в оснащении) (рисунок 3.13).

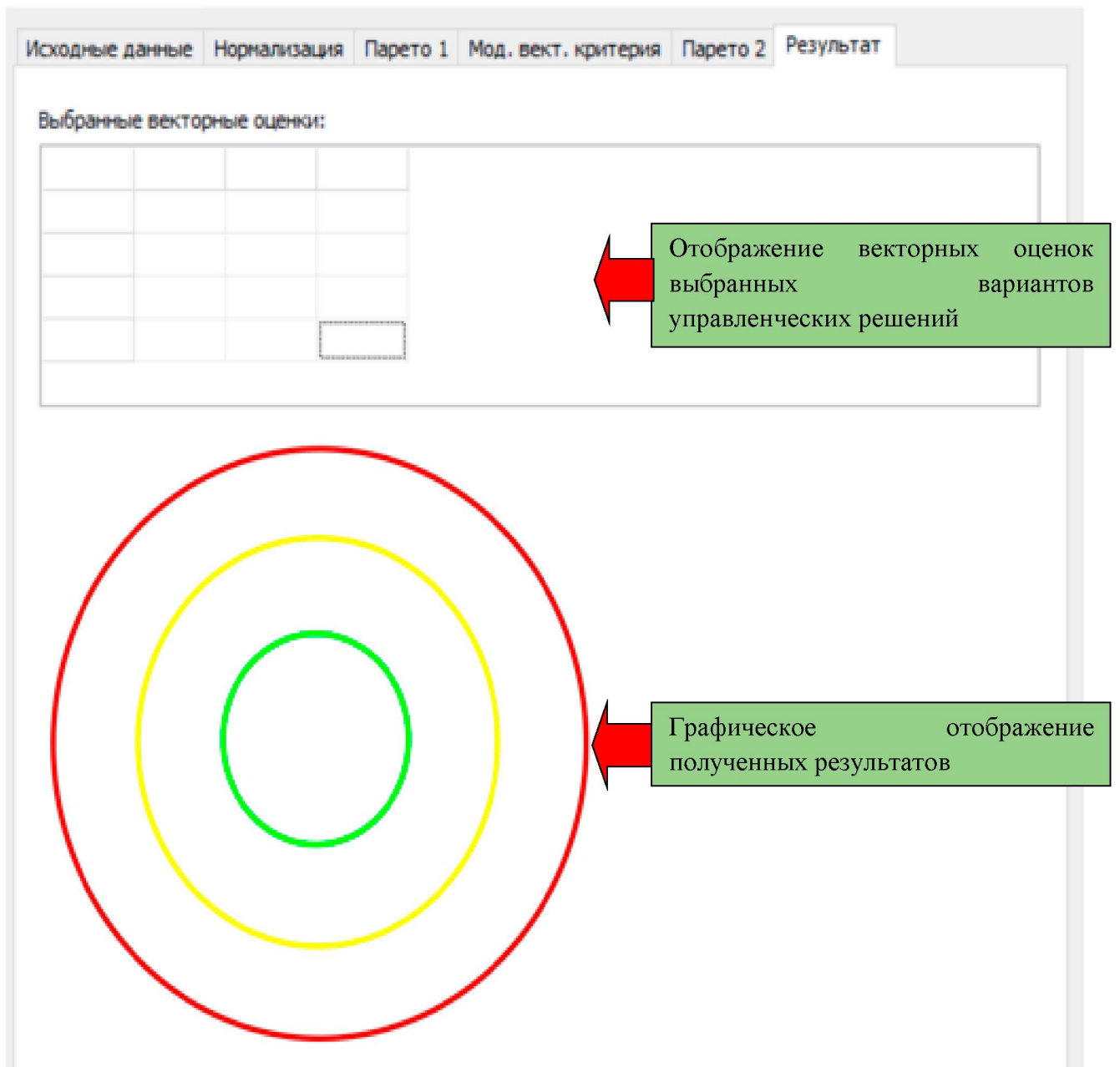


Рисунок 3.13 – Экранный вид графического изображения полученных результатов программной реализации процедур многокритериального анализа

Программное обеспечение позволяет сократить временные затраты на обработку и структурирование данных, а также визуализацию и интерпретацию процесса. Схематическое описание программной реализации процедур многокритериального анализа представлено на рисунке 3.14.

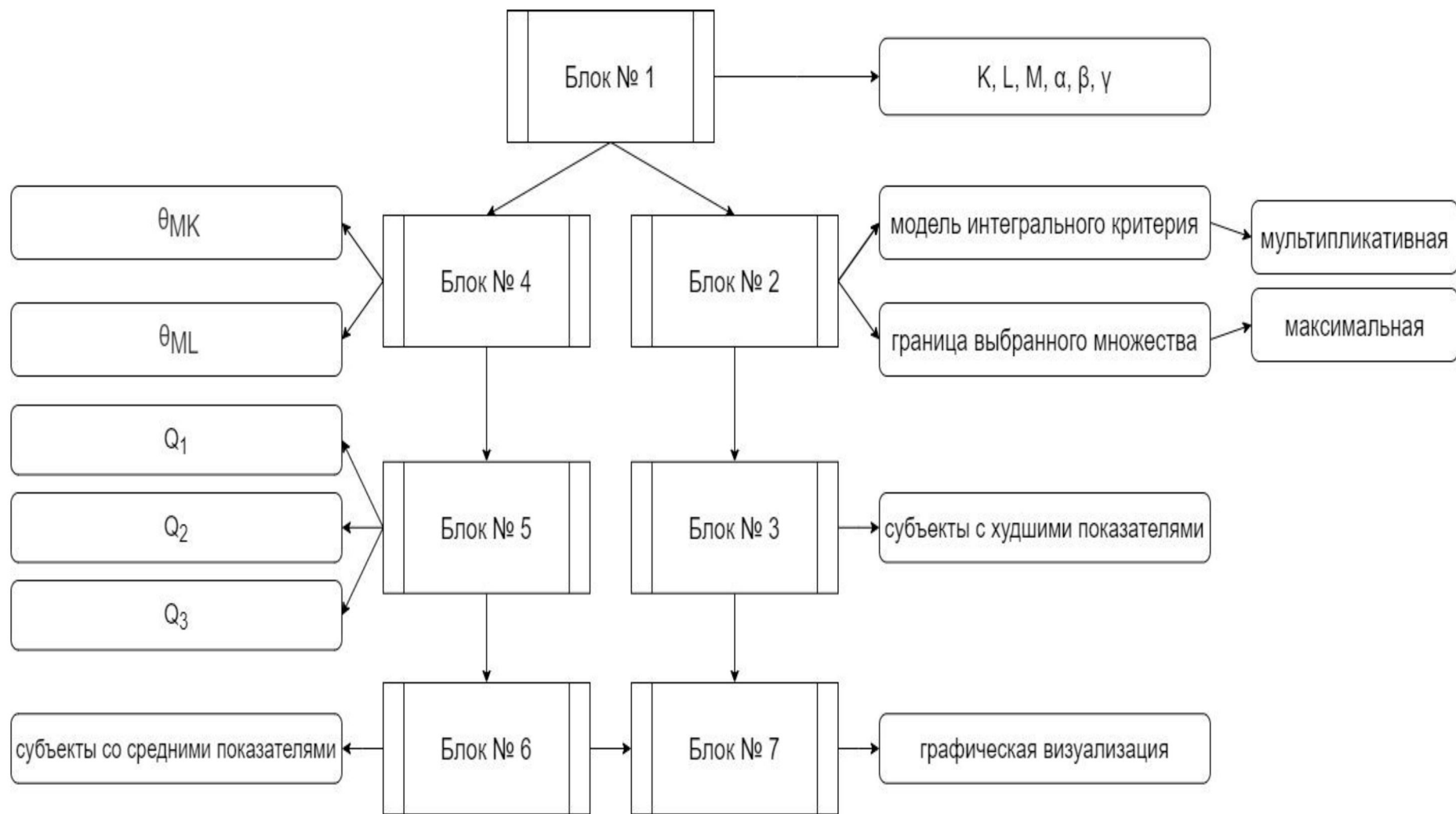


Рисунок 3.14 – Схематическое описание программного обеспечения

Таким образом, информационные ресурсы системы поддержки управления распределением ПА необходимы для быстрого поиска и расчета данных, а также ранжирования и группировки полученных значений, что позволяет минимизировать временные затраты на получение данных об обстановке в территориальных ПСГ.

3.2 Практическая реализация информационной системы

3.2.1 Сбор данных для реализации поддержки управления распределением пожарных автомобилей

Для изучения данного вопроса рассмотрим перечень данных, которые необходимо исследовать, чтобы реализовать предложенную в данной работе модель распределения ПА. Задача управления распределением ПА, которой соответствует модель, состоит из 3 критериев: оперативной и технической готовности ПА в территориальных ПСГ, оснащенности ПСГ современными ПА.

Примеры необходимых данных для расчета критериев, а в дальнейшем и модели представлены в таблицах 3.1–3.3.

Таблица 3.1 – Данные для расчета критерия оперативной готовности

Код субъекта	Время задействования техники, мин	Количество задействованной техники	Количество ПА в субъекте
0000	13	2	55
0000	50	4	55
...
0000	20	1	55

Примечание: коды субъектов приведены в ч.2, 1 раздела, таблицы 1 документа [112]

Таблица 3.2 – Данные для расчета критерия технической готовности

Код субъекта		0000	
Количество ПА в гарнизоне	55	Природно-климатические условия	Умеренные
Количество отказов пожарной техники	10	Количество техники, задействованной на пожарах	1355
Количество выездов на пожары в гарнизоне	763	Количество ремонтов	19

Таблица 3.3 – Данные для расчета критерия оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования

Код субъекта		0000	
Количество ПА в гарнизоне	55	Природно-климатические условия	Умеренные
Тип, марка шасси ПА	Год выпуска	Район с высокой агрессивностью окружающей среды	Категория условий эксплуатации
АЦ-3,2-40 (43253)	2010	Да	I
АЦ-40 (131)-137	1983	Нет	IV
...

Подставив значения вычислений, полученных в ходе обработки данных таблиц 3.1–3.3 в формулы (2.1), (2.2) и (2.3), получим следующие результаты (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Исходные данные для решения задачи распределения

Код субъекта	Критерий оперативной готовности пожарной техники (K)	Критерий технической готовности пожарной техники (L)	Критерий оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования (M)	Коэффициенты эластичности функции Кобба – Дугласа		
				α	β	γ
0000	0,9875	0,8814	0,7896	0,347	0,227	0,426
0000	0,9265	0,9123	0,8925	0,347	0,227	0,426
...
0000	0,8977	0,9954	0,6573	0,347	0,227	0,426

Данные, представленные в таблице 3.4, являются основой модели поддержки принятия решений по распределению ПА. Следующим шагом является поэтапное преобразование полученных значений.

3.2.2 Этапы расчета модели поддержки принятия решений по распределению пожарных автомобилей

На первом этапе расчета проводится обработка статистических данных для изучения состояния каждого из трех показателей (оперативной и технической готовности ПА, а также оснащенности ПСГ современными ПА) в ПСГ. Здесь происходит формирование исходных данных для решения конечной задачи модели – задачи распределения (см. таблицу 3.4).

Вторым этапом является парное сравнение значений по каждому критерию между ПСГ, анализ полученных данных.

На третьем этапе расчета происходит выбор субъектов оптимальных по Парето, исключенные из анализа субъекты будут относиться к множеству «красных».

Четвертый этап предполагает расчет относительных критериев важности и с их помощью расчет модифицированных критериев на основе функции Кобба – Дугласа.

Парное сравнение значений по каждому модифицированному критерию между ПСГ реализуется на пятом этапе, также как и выбор субъектов оптимальных по Парето – исключенные из анализа субъекты будут относиться к множеству «желтых».

На шестом этапе исследуются множества «красных» и «желтых» гарнизонов, и из оставшегося количества гарнизонов формируется множество «зеленых».

Седьмой этап предполагает разработку составление диаграммы по рассчитанным ранее значениям с ранжированием субъектов в зависимости от полученных значений.

3.3 Применение модели поддержки управления распределением пожарных автомобилей на примере субъектов Уральского федерального округа Российской Федерации

Согласно источнику [113], «ПА в зависимости от направления оперативной деятельности делятся на 2 группы: основные пожарные автомобили (ОПА) и специальные пожарные автомобили (СПА)».

Применение предложенной в 3 главе модели возможно для каждой группы ПА в отдельности, так как СПА в отличие от ОПА «предназначены для выполнения специальных работ при пожаре» [114], что предполагает меньшее количество выездов, а как следствие износ узлов и деталей.

В качестве примера практической реализации разработанной модели поддержки управления распределением ПА предложено использовать субъекты Уральского федерального округа Российской Федерации. Уральский федеральный округ Российской Федерации – это наименьший среди федеральных округов страны по количеству, входящих в его состав, субъектов (таблица 3.5) [115].

Таблица 3.5 – Субъекты, входящие в состав Уральского Федерального округа

Код субъекта	Наименование субъекта Российской Федерации	Федеральный округ
1137	Курганская область	Уральский
1164	Свердловская область	
1170	Тюменская область	
1108	Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	
1195	Челябинская область	
1197	Ямало-Ненецкий автономный округ	

Примечание: коды субъектов приведены в ч.2, 1 раздела, таблицы 1 документа [112].

При этом, для наглядности и графической интерпретации; доказательности адекватности модели при реализации процедуры распределения и группировки в работе необходимо использование большого количества ПА, поэтому проведен расчет ОПА.

Процедура распределения субъектов (ПСГ) в порядке предпочтительности состоит из двух частей:

- 1) построение множества красных субъектов;
- 2) построение множества желтых субъектов и, как следствие, определение зеленых субъектов.

В первой части потребуется таблица с оценками субъектов по критериям оперативной, технической готовности и оснащенности ПСГ современными ПА (таблица 3.6) и алгоритм поиска оптимальных с точки зрения оснащения ПА субъектов (оптимальности по Парето).

Таблица 3.6– Оценка субъектов по критериям оперативной и технической готовности ПА и оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования

Наименование субъекта РФ	Критерий		
	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>
Курганская область	0,988865	0,86786	0,68648649
Свердловская область	0,993294	0,843502	0,64667458
Тюменская область	0,995996	0,856529	0,66055046
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0,993002	0,840006	0,64811784
Челябинская область	0,982249	0,837708	0,64285714
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,996081	0,844806	0,64476021

При этом на оптимальность проверяется каждый субъект относительно каждого субъекта, для этого предлагается следующий способ:

Пусть x^* – проверяемый на оптимальность субъект и x_i , $i=1, 2, \dots, n$; где n – число анализируемых субъектов, тогда $K(x_i)$, $L(x_i)$, $M(x_i)$ – оценки i -го субъекта по критериям K , L и M .

По каждому из критериев (K , L , M) рассчитываем разность между оценками i -го субъекта (x_i) и анализируемым субъектом x^* , по формулам:

$$W(K) = K(x_i) - K(x^*), \quad (3.1)$$

$$W(L) = L(x_i) - L(x^*), \quad (3.2)$$

$$W(M) = M(x_i) - M(x^*), \quad (3.3)$$

Введем переменную J зависящую от W следующим образом: если разность W больше 0, то J присваиваем значение $J=1$, в противном случае $J=0$ затем определяем сумму $J = J(K) + J(L) + J(M)$ и если среди всех сравнений найдется случай когда $J=3$, то субъект исключается из оптимальных и, следовательно, относится к «красным» субъектам с точки зрения оснащения (таблицы 3.7–3.12).

Таблица 3.7 – Проверка территориального ПСГ Курганской области

Сравнение относительно Курганской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	0,0000	0,0000	0,0000	0	0	0	0
Свердловская область	0,004429	-0,02436	-0,039812	1	0	0	1
Тюменская область	0,007132	-0,01133	-0,025936	1	0	0	1
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0,004137	-0,02785	-0,038369	1	0	0	1
Челябинская область	-0,00662	-0,03015	-0,043629	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,007217	-0,02305	-0,041726	1	0	0	1

Так как среди J нет значения 3, то территориальный ПСГ Курганской области оптимален.

Таблица 3.8 – Проверка территориального ПСГ Свердловской области

Сравнение относительно Свердловской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	-0,00443	0,024359	0,039812	0	1	1	2
Свердловская область	0	0	0	0	0	0	0
Тюменская область	0,002702	0,013027	0,013876	1	1	1	3
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	-0,00029	-0,0035	0,001443	0	0	1	1
Челябинская область	-0,01104	-0,00579	-0,003817	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,002787	0,001305	-0,001914	1	1	0	2

Среди J нашлось одно значение равное 3, при сравнении территориальных ПСГ Свердловской области и Тюменской области, следовательно, территориальный ПСГ Свердловской области не оптимален.

Таблица 3.9 – Проверка территориального ПСГ Тюменской области

Сравнение относительно Тюменской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	-0,00713	0,011332	0,025936	0	1	1	2
Свердловская область	-0,0027	-0,01303	-0,013876	0	0	0	0
Тюменская область	0	0	0	0	0	0	0
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	-0,00299	-0,01652	-0,012433	0	0	0	0
Челябинская область	-0,01375	-0,01882	-0,017693	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,000085	-0,01172	-0,015790	1	0	0	1

Так как среди J нет значения 3, то территориальный ПСГ Тюменской области оптимален.

Таблица 3.10 – Проверка территориального ПСГ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Сравнение относительно Ханты-Мансийского автономного округа - Югры	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	-0,00414	0,027854	0,038369	0	1	1	2
Свердловская область	0,000292	0,003496	-0,001443	1	1	0	2
Тюменская область	0,002994	0,016523	0,012433	1	1	1	3
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0	0	0	0	0	0	0
Челябинская область	-0,01075	-0,0023	-0,005261	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,00308	0,0048	-0,003358	1	1	0	2

Среди J нашлось одно значение равное 3, при сравнении территориальных ПСГ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Тюменской области, следовательно, территориальный ПСГ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры не оптимален.

Таблица 3.11 – Проверка территориального ПСГ Челябинской области

Сравнение относительно Челябинской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	0,006615	0,030153	0,043629	1	1	1	3
Свердловская область	0,011045	0,005794	0,003817	1	1	1	3
Тюменская область	0,013747	0,018821	0,017693	1	1	1	3
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0,010753	0,002298	0,005260	1	1	1	3
Челябинская область	0	0	0	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,013832	0,007099	0,001903	1	1	1	3

Среди J нашлось пять значений равных 3, при сравнении всех территориальных ПСГ Уральского федерального округа, следовательно, территориальный ПСГ Челябинской области не оптимален.

Таблица 3.12 – Проверка территориального ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа

Сравнение относительно Ямало-Ненецкого автономного округа	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	-0,00722	0,023054	0,041726	0	1	1	2
Свердловская область	-0,00279	-0,0013	0,001914	0	0	1	1
Тюменская область	-0,000085	0,011722	0,015790	0	1	1	2
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	-0,00308	-0,0048	0,003358	0	0	1	1
Челябинская область	-0,01383	-0,0071	-0,001903	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0	0	0	0	0	0	0

Среди J нет значения 3, следовательно, территориальный ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа оптимален.

Анализируя данные таблиц 3.7–3.12 и выводы, сделанные по ним, можно определить, что в «красную» группу (субъекты с минимальным уровнем оснащения) входят три территориальных ПСГ: Свердловская и Челябинская области и Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Из дальнейшего расчета они исключаются.

Во второй части определяем «желтую» группу субъектов (территориальных ПСГ). Для этого потребуется информация о важности критериев, при этом были заданы следующие параметры: коэффициенты эластичности: $\alpha = 0,333$; $\beta = 0,286$; $\gamma = 0,381$, а также с учетом анализа функции Кобба – Дугласа: $\theta_{ML}=2,25$ и $\theta_{MK} = 2,62$. Необходимые для расчета модифицированные критерии Q_1 , Q_2 , Q_3 получим по представленным ниже формулам:

$$Q_1 = M \cdot K^{\theta_{MK}} = M \cdot K^{2,62}; \quad (3.4)$$

$$Q_2 = M \cdot L^{\theta_{ML}} = M \cdot L^{2,25}; \quad (3.5)$$

$$Q_3 = M. \quad (3.6)$$

Формируем таблицу с оценками территориальных ПСГ по указанным выше критериям (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Оценка субъектов по модифицированным критериям оперативной и технической готовности ПА и оснащенности ПСП современными образцами техники и оборудования

Наименование субъекта РФ	Критерий		
	Q_1	Q_2	Q_3
Курганская область	0,666623	0,498911	0,686486
Тюменская область	0,653638	0,466061	0,66055
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,638156	0,441019	0,64476

Проверка данных относительно территориального ПСГ Курганской области приведена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Проверка территориального ПСГ Курганской области

Сравнение относительно Курганской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0
Тюменская область	-0,01299	-0,03285	-0,02594	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	-0,02847	-0,05789	-0,04173	0	0	0	0

Так как среди J нет значения 3, то территориальный ПСГ Курганской области оптимален и относится к «зеленой» группе с точки зрения оснащения (см. таблицу 3.14).

Проверка данных относительно территориального ПСГ Тюменской области приведена в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Проверка территориального ПСГ Тюменской области

Сравнение относительно Тюменской области	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	0,012985	0,03285	0,025936	1	1	1	3
Тюменская область	0	0	0	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий автономный округ	-0,01548	-0,02504	-0,01579	0	0	0	0

Среди J нашлось значение равное 3, при сравнении территориальных ПСГ Тюменской и Курганская областей, следовательно, территориальный ПСГ Тюменской области не оптимален и относится к «желтой» группе (см. таблицу 3.15).

Проверка данных относительно территориального ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа приведена в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Проверка территориального ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа

Сравнение относительно Ямало-Ненецкого автономного округа	$W(K)$	$W(L)$	$W(M)$	$J(K)$	$J(L)$	$J(M)$	J
Курганская область	0,028467	0,057892	0,041726	1	1	1	3
Тюменская область	0,015482	0,025042	0,01579	1	1	1	3
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0

Среди J нашлось значение равное 3, при сравнении территориальных ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа и Тюменской области, Ямало-Ненецкого автономного округа и Курганская области, следовательно, территориальный ПСГ Ямало-Ненецкого автономного округа не оптимален и относится к «желтой» группе (см. таблицу 3.16).

Таким образом, в результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что из 6 субъектов (территориальных ПСГ) Уральского Федерального округа Российской Федерации можно выделить 3 группы для распределения ПА:

- 1) красная (субъекты с минимальным уровнем оснащения, требующие первоочередного финансирования в данной области):
 - Свердловская область;
 - Ханты-Мансийский автономный округ – Югра;
 - Челябинская область;
- 2) желтая (субъекты со средним уровнем оснащения):
 - Тюменская область;
 - Ямало-Ненецкий автономный округ;
- 3) зеленая (субъекты с оптимальным уровнем оснащения):
 - Курганская область.

Визуализация проанализированных данных представлена в таблице 3.17 и на рисунке 3.15.

Таблица 3.17– Распределение субъектов Уральского Федерального округа в зависимости от уровня оснащения для распределения в них ПА

Наименование субъекта Российской Федерации	Распределение по цветам	Критерий					
		<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Q</i> ₁	<i>Q</i> ₂	<i>Q</i> ₃
Курганская область		0,989	0,868	0,686	0,667	0,499	0,686
Тюменская область		0,996	0,857	0,661	0,654	0,466	0,661
Ямало-Ненецкий автономный округ		0,996	0,845	0,645	0,638	0,441	0,645
Свердловская область		0,993	0,844	0,647	0,635	0,441	0,647
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра		0,993	0,840	0,648	0,636	0,438	0,648
Челябинская область		0,982	0,838	0,643	0,613	0,431	0,643

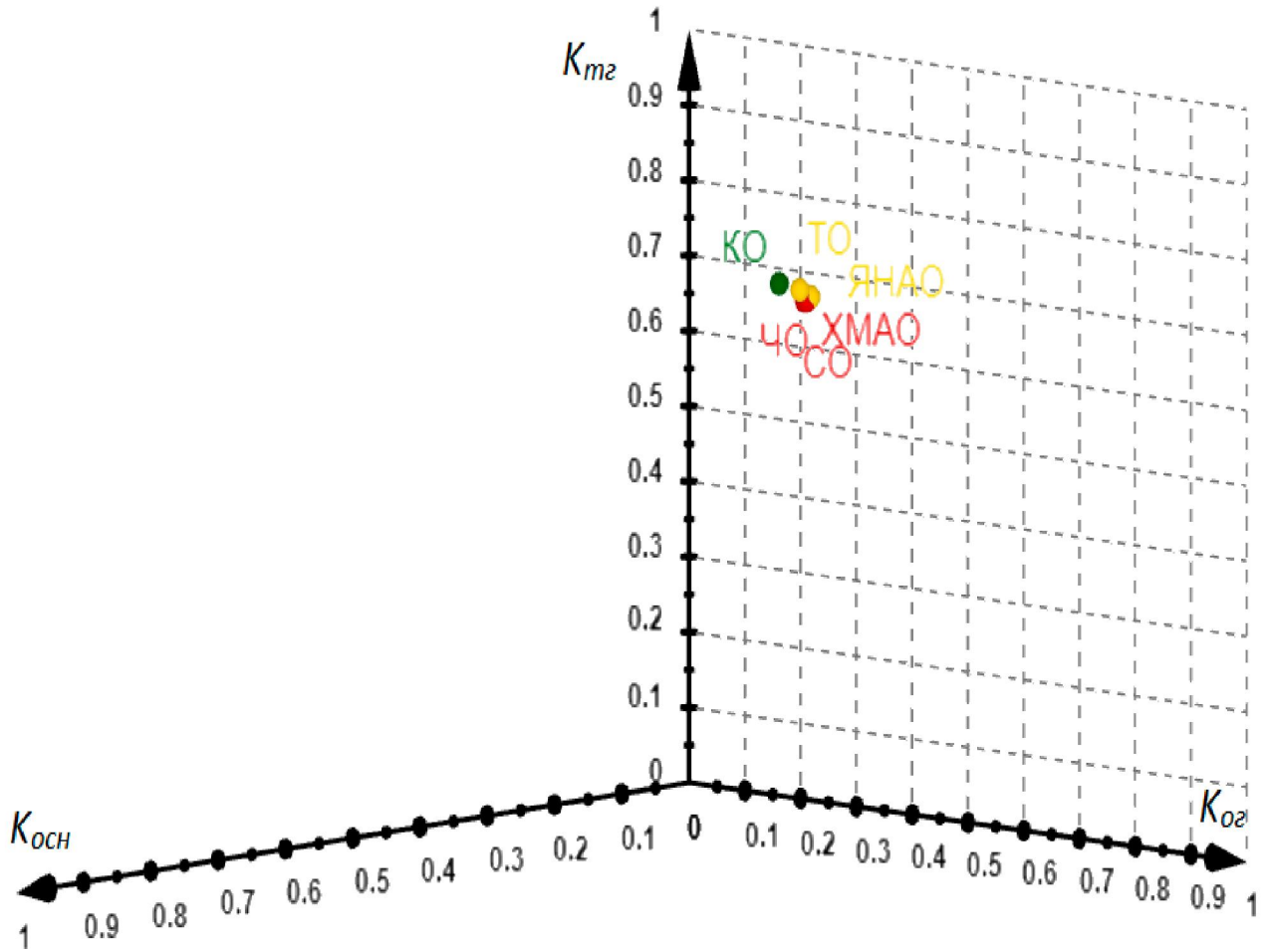


Рисунок 3.15 – Распределение субъектов Уральского Федерального округа в зависимости от уровня оснащения для распределения в них ПА

Предложенная в параграфе 3.1 программная реализация модели поддержки управления распределением ПА в территориальные ПСГ показала сходимость полученных расчетных значений, что позволяет сделать вывод о ее достоверности и возможности применения (рисунок 3.16).

Исходные данные Нормализация Парето 1 Мод. вekt. критерия Парето 2 Результат

Варианты и векторные оценки

	f1	f2	f3
x1	0,98865	0,86786	0,686486
x2	0,993294	0,843502	0,646674
x3	0,995996	0,856529	0,660550
x4	0,993002	0,840006	0,648117
x5	0,982249	0,837708	0,642857
x6	0,996081	0,844806	0,644760

Добавить вариант Удалить

Добавить критерий Удалить

Очистить

Весовые коэффициенты:

w1	w2	w3
0,347	0,227	0,426

Модель интегрального критерия

Аддитивная Мультипликативная

Граница выбранного множества

Минимальная Максимальная

Расчитать

a

Исходные данные Нормализация Парето 1 Мод. вekt. критерия Парето 2 Результат

Парето-оптимальные векторные оценки:

	f1	f2	f3
x1	0,99	0,87	0,69
x3	1	0,86	0,66
x6	1	0,84	0,64

x1x2 x1x3 x1x4 x1x5 x1x6 x2x1 x2x3 x2x4 x2x5 x2x6 x3x1 x3x2 x3x3

x1

x2

б

Исходные данные Нормализация Парето 1 Мод. вekt. критерия Парето 2 Результат

Коэффициенты относительной важности:

O1	O2	O3
2,44	1,6	-

	g1	g2	g3
x1	0,67	0,55	0,69
x3	0,65	0,52	0,66
x6	0,64	0,49	0,64

в

Исходные данные Нормализация Парето 1 Мод. вekt. критерия Парето 2 Результат

Парето-оптимальные векторные оценки:

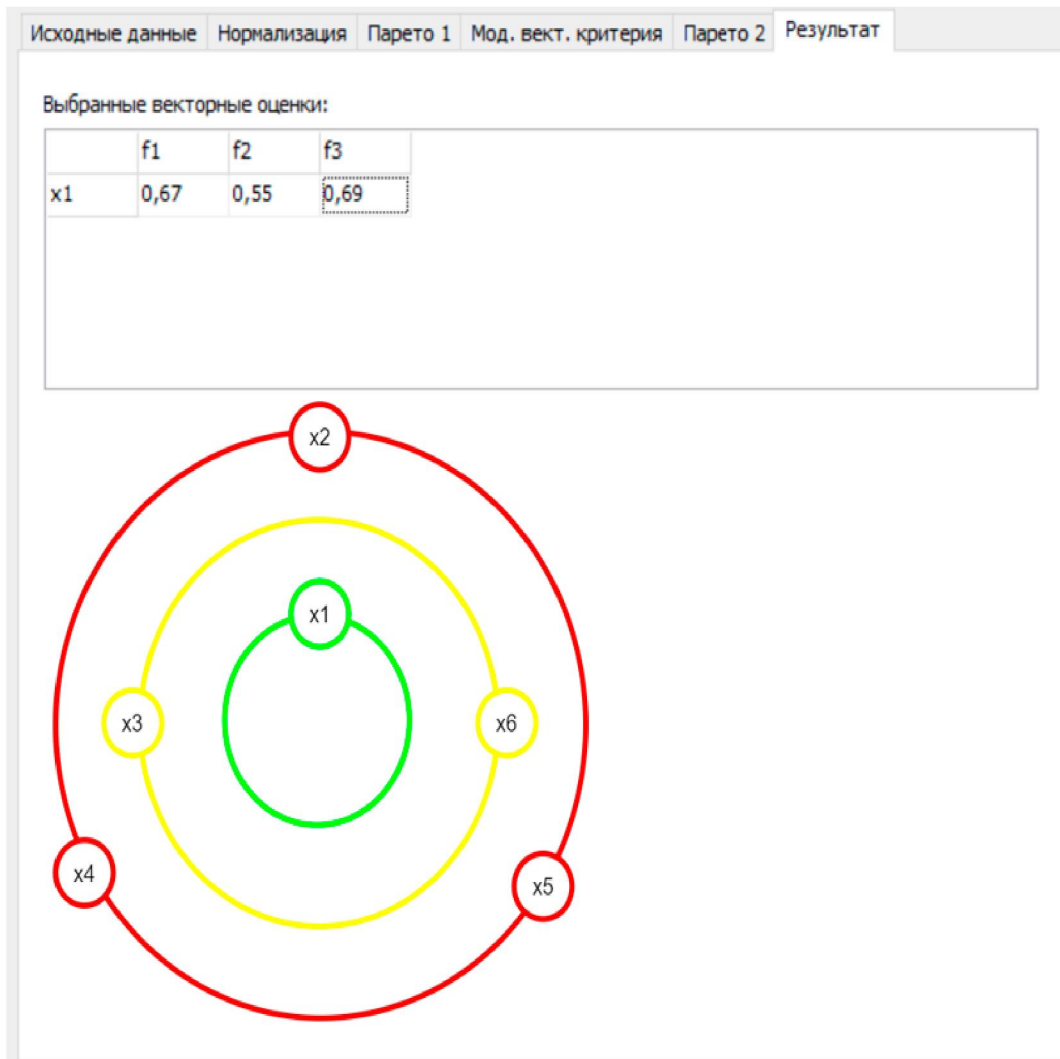
	g1	g2	g3
x1	0,67	0,55	0,69

x1x2 x1x3 x1x4 x1x5 x1x6 x2x1 x2x3 x2x4 x2x5 x2x6 x3x1 x3x2 x3x3

x1

x2

г



∂

Рисунок 3.16 – Интерфейс программной реализации процедур многокритериального анализа: *a* – исходные данные; *б* – построение множества Парето; *в* – модификации векторного критерия; *г* – построение множества Парето; *д* – графическое изображение полученных результатов

Применение данной программной реализации возможно осуществлять на каждом этапе для ранжирования значений среди каждой из групп («красная», «желтая», «зеленая»), что позволяет определить, например, наиболее предпочтительные с точки зрения оснащения ПСГ среди «красной» группы.

Для наглядной интерпретации полученных результатов расчетов предложено создание интерактивной карты исследуемых субъектов по распределению ПА. В качестве примера на рисунке 3.17 представлена интерактивная карта субъектов Уральского Федерального округа Российской Федерации с распределением ПА.

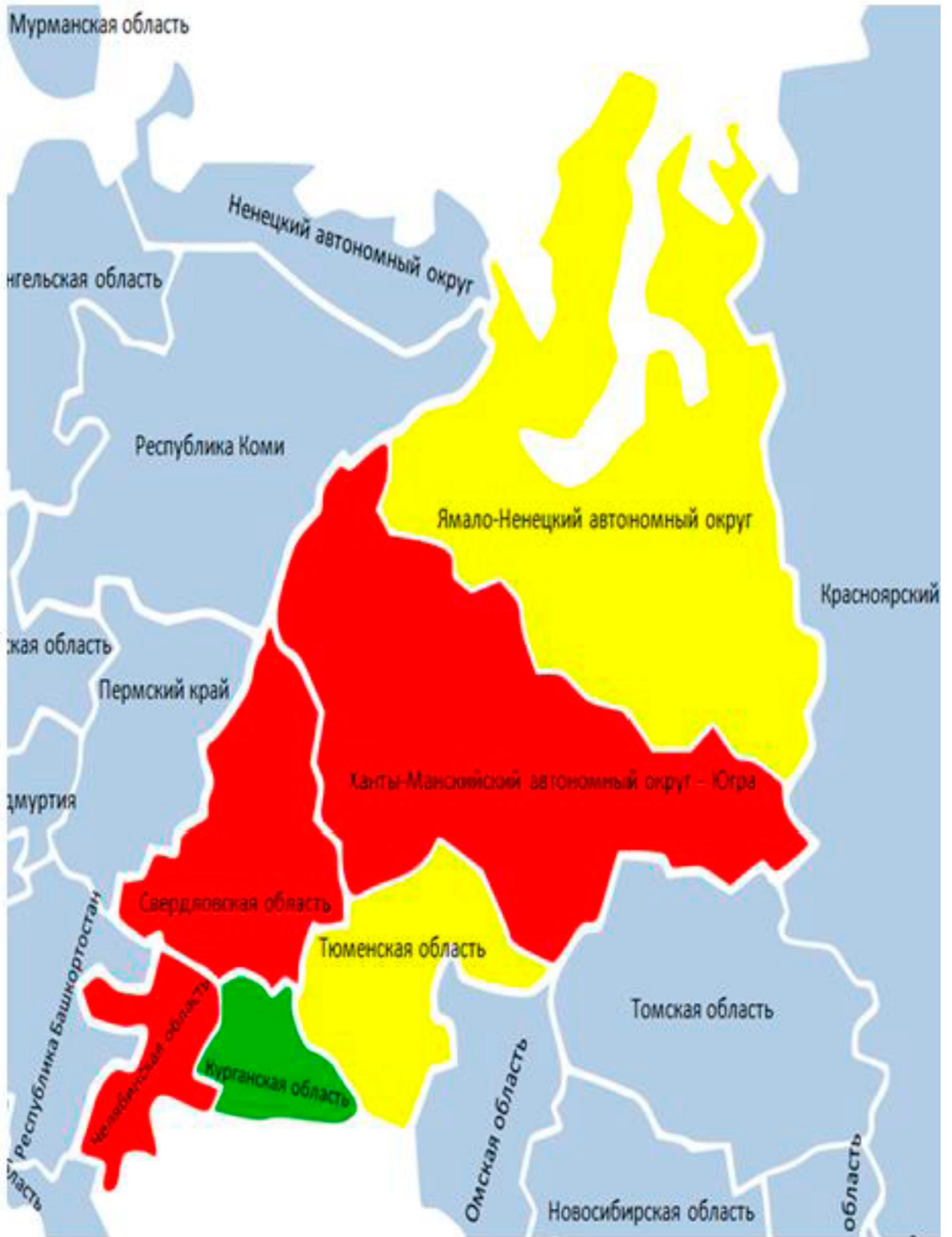


Рисунок 3.17 – Карта Уральского Федерального округа Российской Федерации, основанная на результатах расчета поддержки управления эксплуатацией пожарно-спасательной техники

Выводы по третьей главе

1. Разработана информационная система поддержки принятия решений при распределении ПА, позволяющая производить ранжирование и группировку управленческих решений по распределению ПА на основе критериев оперативной, технической готовности и оснащенности ПСГ современными ПА.

2. Разработаны информационные ресурсы для информационной системы поддержки принятия решений при распределении ПА. Информационные ресурсы реализованы в виде реляционной модели и структурированы в базе данных с отдельными программными модулями для сокращения временных затрат на оценку предпочтительности ПСГ по критериям оперативной и технической готовности и оснащенности ПСГ современными ПА.

3. Даны практические рекомендации по использованию системы поддержки принятия решений при распределении ПА, включающие описание основных этапов расчета по предложенной теоретической модели распределения ПА в территориальные ПСГ.

4. Выполнен расчет по модели поддержки управления на примере процедуры принятия решений по распределению ПА между ПСГ субъектов Уральского федерального округа Российской Федерации и представлена наглядная интерпретация полученных результатов в интерактивной карте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты, которые были получены в процессе решения научной задачи, состоящей в разработке модели и алгоритмов поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны, заключаются в следующем:

1. Выполнен анализ статистических показателей, а также публикаций в области поддержки управления распределением пожарных автомобилей, что позволяет сформулировать выводы о необходимости разработки новой регулирующей процедуры по реализации оценки состояния территориальных пожарно-спасательных гарнизонов с точки зрения оснащения и распределения в них пожарных автомобилей.

2. Предложен количественный показатель (критерий) оснащенности пожарно-спасательного гарнизона современными пожарными автомобилями и алгоритм его расчета для оценки уровня оснащения и использования его при распределении пожарных автомобилей как между территориальными пожарно-спасательными гарнизонами, так и на уровне подразделений.

3. Разработана модель поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны, учитывающая оценки по критериям оперативной, технической готовности и оснащенности современными пожарными автомобилями территориальных пожарно-спасательных гарнизонов и позволяющая формализовать процедуру ранжирования и группировки вариантов для обоснованного принятия решений в области распределения пожарных автомобилей.

4. Разработан комплекс алгоритмов группировки и ранжирования территориальных пожарно-спасательных гарнизонов в порядке предпочтительности для оснащения с целью поддержки управления распределением пожарных автомобилей. Предложены способы визуализации процедуры для удобства применения лицом, принимающим решения по

распределению пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны.

5. Создана информационная система поддержки принятия решений при распределении пожарных автомобилей, включающая информационные ресурсы (базы данных, программа по расчету критериев и программный комплекс многокритериального анализа). Применение системы на практике позволит обосновано принимать управленские решения по распределению пожарных автомобилей на основе группировки и ранжирования территориальных пожарно-спасательных гарнизонов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГИС	–	географические информационные системы
МТО	–	материально-техническое обеспечение
МЧС России	–	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
ПА	–	пожарный автомобиль
ОПА	–	основной пожарный автомобиль
ПСГ	–	пожарно-спасательный гарнизон
ПСП	–	пожарно-спасательное подразделение
СВФ	–	спасательное воинское формирование
СПА	–	специальный пожарный автомобиль
СиС	–	силы и средства
ЧС	–	чрезвычайная ситуация
ЭАСС	–	экстренных и аварийно-спасательных служб

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брушлинский, Н.Н. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20. – № 9. – С. 42–48.

2. Брушлинский, Н.Н. Безопасность городов. Имитационное моделирование городских процессов и систем [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алехин [и др.]. – М.: ФАЗИС, 2004. – 172 с.

3. Брушлинский, Н.Н. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алехин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 8. – С. 6–16.

4. Брушлинский, Н.Н. Пожары в городах и сельской местности России [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков, С.В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2008. – № 2. – С. 31–35.

5. Брушлинский, Н.Н. Научно-техническое обеспечение пожарной безопасности в современном мире (краткий очерк) [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т. 15. – № 2. – С. 7–11.

6. Брушлинский, Н.Н. Проблема пожаров в мире в начале XXI столетия [Текст] / Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – Т. 12. – № 1. – С. 7–14.

7. Топольский, Н.Г. Некоторые особенности поддержки принятия решений при материально-техническом обеспечении подразделений федеральной противопожарной службы ГПС МЧС России [Текст] / Н.Г. Топольский, А.П. Сатин, М.В. Масалева, А.В. Ставиский // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2018. – № 3. – С. 88–93.

8. Топольский, Н.Г. Методы и технологии повышения эффективности управления материально-техническим обеспечением противопожарной службы

МЧС России [Текст] / Н.Г. Топольский, А.П. Сатин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2008. – № 2. – С. 74–83.

9. Топольский, Н.Г. Автоматизированная система материально-технического обеспечения [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, В.А. Минаев, В.В. Симаков, А.П. Сатин // Технологии техносферной безопасности. – 2009. – № 2 (24). – С. 1–15. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-2/09-02-09.ttb.pdf> (дата обращения 14.08.2020).

10. Топольский, Н.Г. Модели управления пожарными рисками АО Вьетнаме: монография [Текст] / Н.Г. Топольский, В.А. Минаев, К.М. Чу; под общ.ред. Н.Г. Топольского – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2015. – 144 с.

11. Тараканов, Д.В. Автоматизированная информационная система связи и управления пожарно-спасательными подразделениями [Текст] / Д.В. Тараканов, М.О. Баканов, М.А. Колбашов, Ю.Н. Моисеев// Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27. –№ 2–3. – С. 20–26.

12. Тараканов, Д.В. Ранжирование маршрутов в теплодымокамере [Текст] / Д.В. Тараканов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2019. – С. 199–202.

13. Шкунов, С.А. Информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей [Текст] / С.А. Шкунов // Пожаровзрывобезопасность. –2016. – Т. 25.–№ 7. – С. 58–62.

14. Роечко, В.В. Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России [Электронный ресурс] / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – №6 (58). – С. 1–7. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/39-05-14.ttb.pdf> (дата обращения 14.08.2020).

15. Роечко, В.В. Методика оценки уровня переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов Северо-Кавказского регионального центра

МЧС России [Текст] / В.В. Роевко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2015. – № 3. – С. 31–36.

16. Алехин, Е.М. Моделирование аутсорсинга обслуживания и ремонта автомобильной техники: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 05.04.2017 г. №2017614023 [Текст] / Е.М. Алехин, Ю.В. Прус, А.П. Сатин. – Номер и дата поступления заявки: 2016664179 23.12.2016– 1 с.

17. Карпов, С.Ю. Модель прогнозирования продолжительности сбора первоначальной информации на месте пожара функцией Кобба – Дугласа [Электронный ресурс] / С.Ю. Карпов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – № 1 (87). – С. 93–106. –Режим доступа: <http://agrs-2006.narod.ru/ttb/2020-1/05-01-20.ttb.pdf> (дата обращения 14.08.2020).

18. Седнев, В.А. Научно-методические подходы оценки эффективности действий спасательных формирований [Электронный ресурс] / В.А. Седнев, А.В. Седнев // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы V междунар. науч.-практ. конф., посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 4 ч., Москва, 01 марта 2021 года. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 196–204. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_45611928_59589211.pdf (дата обращения 12.12.2021).

19. Седнев, В.А. Системный подход к оценке эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований [Текст] / В.А. Седнев, А.В. Седнев, В.А. Онов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2020. – № 1. – С. 111–121.

20. Таранцев, А.А. О проблеме размещения вновь создаваемых пожарных частей на территориях регионов [Текст] / А.А. Таранцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22. – № 5. – С. 52–57.

21. Таранцев, А.А. Об особенностях нахождения парето-оптимальных вариантов в задачах многопараметрического выбора [Текст] / А.А. Таранцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20. – № 10. – С. 37–40.

22. Таранцев, А.А. Моделирование достаточности мобильных подразделений экстренных служб при возникновении ситуаций повышенной сложности [Текст] / А.А. Таранцев, А.Л. Холостов, А.П. Нодь, А.А. Таранцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 10. – С. 59–66.

23. Бубырь, Н.Ф. Математическая модель боеспособности пожарных подразделений [Текст] / сборник трудов ВНИИПО МВД СССР / Н.Ф. Бубырь, М.Д. Безбородько. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1977. – Вып. 2.

24. Власов, К.С. Методика анализа показателей оперативного реагирования пожарно-спасательных подразделений [Электронный ресурс] / К.С. Власов, А.Н. Денисов // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3 (67). – С. 207–213. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/tfb/2016-3/09-03-16.ttb.pdf> (дата обращения 27.03.2019).

25. Чуприян, А.П. Анализ выездов пожарной охраны [Текст] / А.П. Чуприян, А.В. Матюшин, А.А. Порошин, С.А. Лупанов, Г.Г. Иванова, А.А. Кондашов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России. – Балашиха: ВНИИПО, 2015. – С. 174–183.

26. Матюшин, А.В. Информационно-аналитическое обеспечение деятельности оперативных подразделений пожарной охраны [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.В. Бобринев [и др.] // Пожарная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 34–41.

27. Матюшин, А.В. Проектирование размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах с использованием геоинформационных технологий [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин [и др.] // Техника и технология. – 2013. – № 3. – С. 81–86.

28. Сулима, Т.Г. Теория вооружения, как методологическая основа обоснования рационального варианта оснащения реагирующих подразделений МЧС России [Текст] / Т.Г. Сулима, А.И. Мазаник // Технологии гражданской безопасности. – 2017. – Т. 14. – № 4 (54). – С. 84–88.

29. Мазаник, А.И. Методика определения рационального перечня и количества образцов военной и специальной техники оборудования, имущества, снаряжения и экипировки для оснащения спасательного воинского формирования МЧС России [Электронный ресурс] / А.И. Мазаник, Т.Г. Сулима // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2017. – № 1 (32). – С. 3 – 6. – Режим доступа: <https://amchs.ru/upload/iblock/c93/c932e7356ee3ae3557b72e6a6fdce832.pdf> (дата обращения 01.08.2021).

30. Сулима, Т.Г. Комплексная методика обоснования рационального варианта оснащения спасательного воинского формирования МЧС России [Электронный ресурс] / Т.Г. Сулима, А.И. Мазаник // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2017. – № 2 (33). – С. 22 – 32. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-metodika-obosnovaniya-ratsionalnogo-varianta-osnascheniya-spatelnogo-voinskogo-formirovaniya-mchs-rossii/viewer> (дата обращения 01.08.2021).

31. Мирошниченко, Д.И. Формализованная постановка задачи обоснования рационального варианта оснащения спасательных воинских формирований МЧС России для выполнения задач инженерного обеспечения при военных конфликтах / Д.И. Мирошниченко, Ю.Н. Тарабаев, А.И. Мазаник, Ю.Н. Малека // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2021. – № 4 (51). – С. 27–32.

32. Сатин, А.П. Алгоритм управления готовностью пожарной техники при обеспечении пожарной безопасности городов и населенных пунктов [Текст] / А.П. Сатин; под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы // Проблемы управления безопасностью сложных систем: труды XXI Международной конференции. – М.: РГГУ, 2013. – С. 447–450.

33. Сатин, А.П. Метод замены пожарно-спасательной техники в системах управления материально-техническим обеспечением пожарно-спасательных формирований [Электронный ресурс] / А.П. Сатин // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – № 3 (37). – С. 1–7. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-3/11-03-11.ttb.pdf> (дата обращения 14.08.2020).

34. Сатин, А.П. Рационализация методов управления ресурсным обеспечением подсистем обеспечения пожарной безопасности [Текст] / А.П. Сатин, А.А. Рыженко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 81–86.

35. Сатин, А.П. Особенности проектирования информационной системы оценки решений при организации эксплуатации пожарной техники [Текст] / А.П. Сатин, А.А. Рыженко, Д.П. Козлов [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – Т. 2. – № 1 (4). – С. 96–99.

36. Бубнов, А.Г. Использование показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования [Текст] / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 2. – С. 50–55.

37. Сараев, И.В. Методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России для ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2017. – № 2. – С. 15–20.

38. Сараев, И.В. Методическая поддержка управленческих решений по определению наиболее эффективного аварийно-спасательного оборудования [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2016. – Вып. 2 (19). – С. 84–87.

39. Сараев, И.В. Методика рационального выбора пожарно-спасательного оборудования [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, А.Д. Семенов, Ю.Н. Моисеев // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVII Международной научно-практической конференции. – Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2015. – С. 89–98.

40. Сараев, И.В. Ранжирование предпочтительности выбора различного пожарно-технического оборудования для оснащения подразделений МЧС России

на основе комплексного критерия относительной общей пользы [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2018. – № 3. – С. 9–16.

41. Сараев, И.В. Применение комплексного критерия относительной общей пользы для выбора средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных на примере подразделений МЧС России Ульяновской области [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, Ю.Н. Моисеев // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2019. – Вып. 1 (30). – С. 74–82.

42. Сараев, И.В. Методика выбора пожарно-технического оснащения подразделений пожарной охраны [Текст] / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, А.Д. Семенов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII Международной научно-практической конференции. – Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2016. – С. 161–168.

43. Алехин, Е.М. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов [Текст] / Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер [и др.] // Вестник Российской академии естественных наук. – 2012. – №3. – С. 27–34.

44. Российская Федерация. Законы. О пожарной безопасности: Федеральный закон № 69-ФЗ: принят Государственной думой 18 ноября 1994 года; одобрен Советом Федерации 24 сентября 2003 года; от 18 ноября 1994 г.: (в ред. от 30.10.2018) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 01.03.2019).

45. Об утверждении Перечня территориальных пожарно-спасательных гарнизонов: приказ МЧС России от 09 марта 2016 г. № 111 (в ред. от 30.10.2018) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

46. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

47. Социология: Энциклопедия [Текст] / Сост. А.А. Грицанов, В.Л. Абушенко, Г.М. Евелькин [и др.]. – М.: Книжный Дом, 2003.– 1312 с.

48. Об утверждении Положения о порядке приведения структурных подразделений центрального аппарата, территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России в готовность к применению по назначению в мирное время: приказ МЧС России от 01 июля 2019 г. № 336 [Электронный ресурс]// Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.12.2019).

49. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ (в ред. от 30.10.2018) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

50. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году. Статистический сборник [Текст] / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2020.– 80 с.

51. О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий, утвержденный приказом МЧС России от 21 ноября 2008 г. № 714: приказ МЧС России от 8 октября 2018 г. № 431 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

52. Руководство по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 01 октября 2020 г. № 737 [Электронный ресурс] // Гарант:

информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2020. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 09.08.2021).

53. Волков, В.Д. Проблемы эксплуатации ПА в подразделениях ФПС ГПС МЧС России с 2013 по 2017 годы [Текст] / В.Д. Волков // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2017. – Т. 1. – С. 440–449.

54. Зайченко, Ю.С. Влияние отказов пожарных автомобилей на их эксплуатацию [Текст] / Ю.С. Зайченко // Системы безопасности – 2019: Материалы 28 Международной научно-технической. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 112–114.

55. ГОСТ Р 53328–2009. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний: государственный стандарт [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 21.04.2019).

56. Зайченко, Ю.С. Анализ системы эксплуатации пожарной техники [Текст] / Ю.С. Зайченко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Международной научно-практической конференции. – Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2019. – С. 306–308.

57. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 02июля 2021 г. № 400[Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2021. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 23.08.2021).

58. Абрамов, В.А. История пожарной охраны. Краткий курс. Часть 1 [Текст] / В.А. Абрамов, Ю.М. Глуховенко, В.Ф. Сметанин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 285 с.

59. Сергеенко, М.Е. Простые люди древней Италии [Текст] / М.Е. Сергеенко; ред. Е.Г. Дагин. – М.–Л.: Наука, 1964. – 160 с.

60. Алехин, Е.М. Стратегическое управление аварийно-спасательными системами городов на основе информационных и компьютерных технологий [Текст] / Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец [и др.] // Комплексная безопасность России – исследования, управление, опыт: материалы Международного симпозиума. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2002. – С. 292–293.

61. Рыженко, Н.Ю. Использование геоинформационных систем в структурах МЧС России [Текст] / Н.Ю. Рыженко // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1 (7). – С. 480–484.

62. Тетерин, И.М. Информационные технологии в управлении материально-техническими ресурсами [Текст] / И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, А.П. Сатин [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2010. – Т. 7. – № 1–2 (23–24). – С. 119–124.

63. Рыженко, А.А. Механизм принятия решения при долгосрочном планировании ресурсного обеспечения пожарных подразделений МЧС России [Текст] / А.А. Рыженко, Д.В. Псарев, А.П. Сатин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2014. – № 1 (5). – С. 296–300.

64. Аристархов, В.А. Подходы к организации учета работы пожарных автомобилей подразделений МЧС России [Текст] / В.А. Аристархов, А.В. Рожков // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2020. – С. 164–166.

65. Аристархов, В.А. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях [Электронный ресурс] / В.А. Аристархов, А.В. Рожков // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – № 2 (92) – С. 106–115. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2021-2/05-02-21.ttb.pdf> (дата обращения 29.08.2021).

66. Сорокоумов, В.П. Совершенствование эксплуатации пожарно-спасательной техники в ФПС МЧС России [Текст] / В.П. Сорокоумов,

М.Н. Юртаев, А.Г. Тарасов // Системы безопасности: ежегодная международная научно-техническая конференция. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – № 22. – С. 145–147.

67. Костров, А.В. О подходах к обоснованию технического оснащения спасательных формирований МЧС России [Текст] / А.В. Костров, Ю.А. Онищенко // Технологии гражданской безопасности. – 2018. – Т. 15. – № 2 (56). – С. 76–80.

68. Костров, А.В. Номенклатура технического оснащения спасательных формирований: методика ранжирования объектов техники (постановка задачи) [Текст] / А.В. Костров, Ю.А. Онищенко // Технологии гражданской безопасности. – 2018. – Т. 15. – № 4 (58). – С. 80–83.

69. Очерedyкo, М.В. Общая постановка задачи обоснования рационального распределения ресурсов и назначения задач в оперативной дежурной смене при ликвидации чрезвычайных ситуаций / М.В. Очерedyкo, А.В. Рыбаков, Р.Л. Белоусов, А.А. Глушаченков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 4 (43). – С. 38–45.

70. Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны: постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 305 (в ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

71. Брушлинский, Н.Н. Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков, С.В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2009. – № 1. – С. 92–99.

72. Онов, В.А. Модель информационной поддержки принятия решения по оценке деятельности сотрудников МЧС России [Текст] / В.А. Онов, Н.В. Остудин, Д.П. Сафонов, А.Ю. Иванов // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – № 2. – С. 5–13.

73. Крупкин, А.А. Системный анализ в поддержке принятия решений по управлению силами и средствами пожарно-спасательного гарнизона [Текст] / А.А. Крупкин // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1–2 (5). – С. 171–172.

74. Пицык, В.В. Многомерная задача обоснования требований к информационному обеспечению в системах управления рисками [Текст] / В.В. Пицык, Е.Г. Гамаюнов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2009. – № 1. – С. 103–109.

75. Двуреченский, В.А. Модели в задачах управления тыловым обеспечением: монография [Текст] / В.А. Двуреченский, В.В. Пицык. – М.: Филиал Воениздата, 2007. – 200 с.

76. Алехин, Е.М. Пожары в России и в мире. Статистика, анализ, прогнозы [Текст] / Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер [и др.], под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Калан, 2002. – 150 с.

77. Аренс, М. Обстановка с пожарами в мире в начале XXI века [Текст] / М. Аренс, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24. – № 10. – С. 51–58.

78. Зайченко, Ю.С. Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов // Материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Балашиха: ВНИИПО. – 2017. – С. 465–469.

79. Зайченко, Ю.С. Анализ информационно-аналитической поддержки управления переоснащением пожарно-спасательного гарнизона [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, А.Н. Григорьев // Ежегодная международная научно-техническая конференция «Системы безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2018. – № 27 – С. 18–20.

80. Зайченко, Ю.С. Исследование модели управления переоснащением парка пожарных автомобилей [Текст] / Ю.С. Зайченко, Д.В. Тараканов,

А.А. Митюшкин // Материалы XXXII Международной научно-практической конференции. – Балашиха.: ВНИИПО. – 2020. – С. 747–750.

81. Мартинович, Н.В. Методика определения потребности пожарно-спасательных подразделений в пожарной технике, оборудовании и пожарно-техническом вооружении [Электронный ресурс] / Н.В. Мартинович, И.Н. Татаркин, А.В. Антонов, А.А. Мельник // Наукovedenie. – 2015. – Т. 7. – № 6. – С. 1–12. – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/86TVN615.pdf> (дата обращения 17.11.2020).

82. Коморовский, В.С. Оснащение (Пожарная техника): свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 14.04.2016 г. №2016614109 [Текст] / В.С. Коморовский, Н.В. Мартинович, А.А. Мельник. – Номер и дата поступления заявки: 2015661144 18.11.2015. – 1 с.

83. Алешков, М.В. Программа по оценке коэффициентов технической готовности и оснащённости пожарных подразделений: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 29.03.2017 г. № 2017613787 [Текст] / М.В. Алешков, С.А. Шкунов, В.В. Роевко, В.Д. Федяев. – Номер и дата поступления заявки: 201761181117.02.2017. – 1 с.

84. Сатин, А.П. Программа для оценки управленческих решений по замене пожарной техники: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 02.03.2017 г. №2017612627 [Текст] / А.П. Сатин, А.А. Рыженко, Д.П. Козлов, Е.К. Степин. – Номер и дата поступления заявки: 2016662791 09.11.2016. – 1 с.

85. Сатин, А.П. Информационная система поддержки учёта и планирования планово-профилактических и ремонтных работ: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 06.07.2015 г. № 2015618962 [Текст] / А.П. Сатин, А.А. Рыженко, А.В. Стависский. – Номер и дата поступления заявки: 2015616354 06.07.2015. – 1 с.

86. Крупкин, А.А. Автоматизация задачи управления ресурсами гарнизона пожарной охраны: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 24.06.2016 г. № 2016617085 [Текст] / А.А. Крупкин,

А.В. Максимов, А.В. Матвеев. – Номер и дата поступления заявки: 2016611868 09.03.2016. – 1 с.

87. Максимов, А.В. Программное обеспечение для расчета коэффициентов боеготовности гарнизона пожарной охраны [Текст] / А.В. Максимов, А.А. Крупкин // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире.* – СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего». – 2015. – № 11–1. – С. 116–120.

88. Ивойлов, А.А. Расчетная программа «Оптимизация, прогнозирование и оценка эффективности параметров функционирования предприятий по эксплуатации и техническому сервису парков дорожно-строительных и технологических машин 1.0» (РП «Optimization of the processes of technical service 1.0»): свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 24.06.2015 г. № 2015616842 [Текст] / А.А. Ивойлов, Ф.Ю. Керимов, С.В. Киреева. – Номер и дата поступления заявки: 2015612854 06.04.2015. – 1 с.

89. Крупкин, А.А. Система поддержки принятия решений по управлению аварийно-спасательной техникой подразделений МЧС России: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 08.08.2018 г. № 2018619603 [Текст] / А.А. Крупкин, А.В. Матвеев. – Номер и дата поступления заявки: 2018616620 26.06.2018. – 1 с.

90. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2018. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 23.12.2018).

91. Зайченко, Ю.С. Влияние оснащенности пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования на эксплуатацию / Ю.С. Зайченко // «Сборник материалов всероссийского круглого стола «Актуальные вопросы пожаротушения». – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная Академия ГПС МЧС России, 2020. –С. 18–20.

92. Зайченко, Ю.С. Критерий оснащённости пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования [Текст] / Ю.С. Зайченко // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2020. – Вып. 2 (35). – С. 5–10.

93. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта: приказ Минавтотранса РСФСР от 20 сентября 1984 г. [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

94. Об утверждении нормативов трудоёмкости технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей: приказ МВД от 25 сентября 1995 г. № 366 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

95. Зайченко, Ю.С. Оснащённость пожарно-спасательных подразделений современными образцами техники и оборудования [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов // «Сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 323–325.

96. Клейнер, Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение [Текст] / Г.Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика. – 1986. – 354 с.

97. Топольский, Н.Г. Теоретические основы поддержки управления пожарными подразделениями на основе мониторинга динамики пожара в здании: монография [Текст] / Н.Г. Топольский, Д.В. Тараканов, К.А. Михайлов; под общ. ред. Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2019. – 320 с.

98. Зайченко, Ю.С. Модель поддержки принятия решений при управлении распределением мобильных средств пожаротушения [Текст] / Ю.С. Зайченко,

Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2021. – № 1 (21). – С. 64–70.

99. Об утверждении Инструкции по проверке и оценке состояния вооружения и техники в соединениях, воинских частях гражданской обороны, подведомственных МЧС России учреждениях и предприятиях: приказ МЧС России от 15 октября 1997 г. № 614 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

100. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (в ред. от 30.12.2020) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2021).

101. Кузнецов, С.Д. Информационная система [Электронный ресурс] / С.Д. Кузнецов // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016). – Режим доступа: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/3444940 (дата обращения: 02.02.2021).

102. Шкунов, С.А. Методологические основы переоснащения парка основных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов [Текст] / С.А. Шкунов, Ю.С. Зайченко, В.В. Роевко, С.В. Соколов, Д.В. Тараканов // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: сб. тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2018. – С. 468–471.

103. Зайченко, Ю.С. Комплексная методика ранжирования территориальных подразделений для переоснащения парка основными пожарными автомобилями [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. –

Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2018. – С. 365–366.

104. ГОСТ 7.0–99. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения: государственный стандарт [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 21.04.2019).

105. Зайченко, Ю.С. Оперативная готовность пожарной техники Российской Федерации: свидетельство о государственной регистрации базы данных от 16.04.2019 г. № 2019620619 [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, А.А. Матюшкин, Д.В. Тараканов. – Номер и дата поступления заявки: 2019620456 28.03.2019. – 1 с.

106. Зайченко, Ю.С. Информационные ресурсы системы поддержки принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей [Электронный ресурс] / Ю.С. Зайченко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 4 (86). – С. 62–70. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-4/08-04-19.ttb.pdf> (дата обращения 14.08.2020).

107. Зайченко, Ю.С. Сравнительный анализ занятости пожарной техники территориальных пожарно-спасательных гарнизонов [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, А.А. Митюшкин, Д.В. Тараканов // Сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 325–329.

108. Зайченко, Ю.С. Совершенствование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению пожарной техники [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2018. – Вып. 4 (29). – С. 23–28.

109. Зайченко, Ю.С. Показатели эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей в субъектах Российской Федерации: свидетельство о государственной регистрации базы данных от 30.12.2020 г. № 2020622861 [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов. – Номер и дата поступления заявки: 2020622572 01.12.2020. – 1 с.

110. Зайченко, Ю.С. Показатели оперативной и технической готовности и оснащённости современными пожарными автомобилями Московского территориального пожарно-спасательного гарнизона: свидетельство о государственной регистрации базы данных от 03.09.2021 г. № 2021621863 [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов, В.И. Шумов.– Номер и дата поступления заявки: 2021621708 20.08.2021. – 1 с.

111. Зайченко, Ю.С. Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной техники: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 26.10.2020 г. № 2020663285 [Текст] / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов.– Номер и дата поступления заявки: 2020662586 13.10.2020. – Бюл. 11. – 1 с.

112. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 24 декабря 2018 г. № 625 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

113. О внесении изменений в приказ МЧС России от 25.07.2006 № 425: приказ МЧС России от 28 марта 2014 г. № 142 [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2014. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).

114. ГОСТ Р 53247–2009. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения: государственный стандарт [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 21.04.2019).

115. Общероссийский классификатор экономических регионов. ОК 024-95: постановление Госстандарта России от 27.12.1995 № 640) (ред. от 11.02.2020) (дата введения 01.01.1997) [Электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 16.02.2019).
116. Bloom, P.S. Administrative and Political Implications of GIS Implementation within the Fire Service A Case Study of Norfolk, VA. Master's thesis [Текст]. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 1998. – 70 p.
117. Herweg, H. Schnell wie die Feuerwehr [Текст] / H. Herweg, P. Wagner // Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz – Heft 4, 2014. – S. 194–294.
118. Brushlinsky, N.N. World fire statistics [Текст] / N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner // CTIF, report. 2020. –No. 25.–67 p.
119. Kolesar, P. Model for predicting average fire engine travel times [Текст] / P. Kolesar // Operations Res. – 1975. – Vol. 23. –No. 4. Pp. 603–613.
120. Kirkwood, S. Uncharted technology [Текст] / S. Kirkwood //Fire Chief. – 1998. –December. –Pp. 34–38.
121. Storbeck, J. A simple tradeoff model for maximal and multiple coverage [Текст] / J. Storbeck, R. Vohra // Geographical analysis. – 1988. – No. 20. – Pp. 220–230.
122. Blum, E. Technology aids fire service nations cities [Текст] / E. Blum, J. Hagan. –Rand Inst., 1972. – 4872 p.
123. Blum, E. Deployment research of the New York City fire project [Текст] / E. Blum // Urban Anal. – 1972. – No. 1. – Pp. 63–94.
124. Garter, G.M. A simulation model of the New-York city fire department: Its use as a deployment tool [Текст] // Proc. Of the Winners simulation conf. –ACM, 1973.– 53 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Значения занятости пожарной техники и оснащённости современными образцами
техники и оборудования в субъектах Российской Федерации

Таблица А.1 – Значения занятости пожарной техники

Наименование субъекта РФ	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	Среднее значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Центральный федеральный округ							
Белгородская область	2321	1972	1510	1161	811	349	1354
Брянская область	5401	4588	3513	2700	1887	813	3150,3
Владимирская область	9218	7830	5996	4609	3221	387	5210,2
Воронежская область	11700	9939	7611	5850	4089	1761	6825
Ивановская область	6266	5323	4076	3133	2190	943	3655,2
Калужская область	3086	2622	2008	1543	1079	464	1800,3
Костромская область	4035	3428	2625	2018	1410	607	2353,8
Курская область	1882	1599	1224	941	658	283	1097,8
Липецкая область	2064	1753	1343	1032	721	311	1204
Московская область	46466	39472	30227	23233	16239	6994	27105,2
Орловская область	4638	3940	3017	2319	1621	698	2705,5
Рязанская область	5197	4415	3381	2581	1816	782	3028,7
Смоленская область	5466	4644	3556	2733	1910	823	3188,7
Тамбовская область	4609	3915	2998	2305	1611	694	2688,7
Тверская область	5403	4590	3515	2702	1888	813	3151,8
Тульская область	7132	6058	4639	3566	2492	1073	4160
Ярославская область	6591	5599	4287	3295	2303	992	3844,5
г. Москва	9979	8477	6491	4989	3487	1502	5820,8
Южный федеральный округ							
Республика Адыгея	1289	1095	838	644	450	194	751,7
Республика Калмыкия	614	522	400	307	215	92	358,3
Краснодарский край	19965	16960	12987	9982	6977	3005	11646
Астраханская область	3140	2667	2042	1570	1097	473	1831,5
Волгоградская область	10649	9046	6928	5325	3722	1603	6212,2
Ростовская область	10342	8785	6727	5171	3614	1557	6032,7

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Северо-западный федеральный округ							
Республика Карелия	4063	3451	2643	2031	1420	612	2370
Республика Коми	8300	7051	5399	4150	2901	1249	4841,7
Архангельская область	7850	6668	5106	3925	2743	1181	4578,8
Вологодская область	8746	7429	5689	4373	3057	1316	5101,7
Калининградская область	4833	4105	3144	2416	1689	727	2819
Ленинградская область	10109	8587	6576	5054	3533	1522	5896,8
Мурманская область	5142	4368	3345	2571	1797	774	2999,5
Новгородская область	6912	5872	4497	3456	2416	1040	4032,2
Псковская область	5431	4613	3533	2715	1898	817	3167,8
г. Санкт-Петербург	14711	12497	9570	7356	5141	2214	8581,5
Ненецкий автономный округ	1143	971	744	572	400	172	667
Дальневосточный федеральный округ							
Республика Саха (Якутия)	8419	7152	5477	4209	2942	1267	1828,1
Камчатский край	3900	3313	2537	1950	1363	587	846,8
Приморский край	22156	18821	14413	11078	7743	3335	4811,2
Хабаровский край	9896	8406	6437	4948	3458	1489	2148,8
Амурская область	5809	4934	3779	2904	2030	874	1261,3
Магаданская область	1417	1204	922	709	495	213	307,7
Сахалинская область	4566	3879	2970	2283	1596	687	991,5
Еврейская автономная область	1562	1327	1016	781	546	235	339,2
Чукотский автономный округ	627	533	408	314	219	94	136,2
Сибирский федеральный округ							
Республика Алтай	940	799	612	470	329	142	548,7
Республика Бурятия	9218	7830	5996	4609	3221	387	5210,2
Республика Тыва	1381	1173	898	690	483	208	805,5
Республика Хакасия	2432	2066	1582	1216	850	366	1418,7
Алтайский край	8501	7221	5530	4250	2971	1280	4958,8

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Забайкальский край	5925	5033	3854	2963	2071	892	3456,3
Красноярский край	15050	12785	9791	7525	5260	2265	8779,3
Иркутская область	19580	16633	12737	9790	6843	2947	11421,7
Кемеровская область	5604	4760	3645	2802	1958	843	3268,7
Новосибирская область	10454	8880	6800	5227	3653	1573	6097,8
Омская область	9009	7653	5861	4505	3149	1356	5255,5
Томская область	3053	2593	1986	1526	1067	459	1780,7
Уральский федеральный округ							
Курганская область	5941	5097	3865	2971	2076	894	3474
Свердловская область	17524	14886	11399	8762	6124	2638	10222,2
Тюменская область	4134	3512	2690	2067	1445	622	2411,7
Челябинская область	23232	19735	15113	11616	8119	3497	13552
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	11073	9406	7203	5537	3870	1667	6459,3
Ямало-Ненецкий автономный округ	2468	2097	1606	1234	863	372	1440
Приволжский федеральный округ							
Республика Башкортостан	10903	9262	7092	5451	3810	1641	6359,8
Республика Марий Эл	2431	2065	1582	1216	850	366	1418,3
Республика Мордовия	2529	2149	1645	1265	884	381	1475,5
Республика Татарстан	6814	5788	4432	3407	2381	1026	3974,7
Удмуртская Республика	3635	3088	2364	1817	1270]	547	2290,2
Чувашская Республика	3640	3092	2368	1820	1272	548	2123,3
Кировская область	4640	3941	3018	2320	1621	698	2706,3
Нижегородская область	14787	12561	9619	7393	5168	2226	8625,7
Оренбургская область	10179	8647	6621	5089	3557	1532	5937,5
Пензенская область	9218	7830	5996	4609	3221	387	5210,2
Пермский край	14337	12179	9326	7168	5010	2158	8363
Самарская область	14019	11909	9120	7010	4899	2110	8177,8
Саратовская область	7103	6034	4621	3552	2483	1069	4143,7

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ульяновская область	11297	9597	7349	5649	3948	1700	6590
Северо-Кавказский федеральный округ							
Республика Дагестан	593	503	385	296	207	89	345,5
Республика Ингушетия	1975	1678	1285	987	690	297	1152
Кабардино-Балкарская Республика	1327	1127	863	663	464	200	774
Карачаево-Черкесская Республика	860	731	560	430	301	129	501,8
Республика Северная Осетия — Алания	1633	1387	1062	816	571	246	952,5
Чеченская Республика	1828	1553	1189	914	639	275	1066,3
Ставропольский край	7453	6331	4848	3726	2605	1122	4347,5

Таблица А.2 – Значения критерия оснащённости ПСГ современными образцами техники и оборудования в субъектах Российской Федерации

Код	Наименование субъекта Российской Федерации	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1179	Республика Адыгея (Адыгея)	0,741	0,747	0,750	0,744	0,766	0,750	0,768	0,772	0,762	0,754
1184	Республика Алтай	0,679	0,727	0,739	0,716	0,716	0,681	0,679	0,677	0,677	0,678
1101	Алтайский край	0,615	0,618	0,618	0,617	0,621	0,620	0,619	0,616	0,616	0,615
1110	Амурская область	0,641	0,645	0,655	0,653	0,656	0,671	0,678	0,681	0,682	0,666
1111	Архангельская область	0,646	0,653	0,661	0,657	0,665	0,672	0,672	0,669	0,669	0,658
1112	Астраханская область	0,709	0,722	0,723	0,728	0,727	0,719	0,717	0,718	0,717	0,716
1180	Республика Башкортостан	0,661	0,670	0,666	0,659	0,662	0,644	0,643	0,638	0,633	0,627
1114	Белгородская область	0,718	0,725	0,733	0,719	0,735	0,730	0,731	0,732	0,740	0,737
1115	Брянская область	0,701	0,720	0,727	0,723	0,735	0,738	0,731	0,717	0,724	0,717
1181	Республика Бурятия	0,630	0,635	0,634	0,630	0,644	0,640	0,657	0,659	0,666	0,674
1117	Владимирская область	0,699	0,703	0,700	0,700	0,704	0,695	0,693	0,694	0,692	0,692
1118	Волгоградская область	0,728	0,728	0,727	0,730	0,737	0,734	0,737	0,732	0,739	0,739
1119	Вологодская область	0,728	0,729	0,729	0,738	0,758	0,734	0,735	0,722	0,724	0,720
1120	Воронежская область	0,695	0,710	0,716	0,716	0,719	0,712	0,707	0,707	0,705	0,706
1182	Республика Дагестан	0,720	0,726	0,726	0,729	0,741	0,736	0,740	0,735	0,743	0,752
1199	Еврейская автономная область	0,663	0,705	0,713	0,699	0,716	0,707	0,702	0,695	0,699	0,690

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1176	Забайкальский край	0,638	0,647	0,645	0,640	0,645	0,651	0,647	0,646	0,645	0,638
1124	Ивановская область	0,738	0,738	0,732	0,720	0,726	0,723	0,717	0,715	0,708	0,703
1174	Республика Ингушетия	0,759	0,810	0,833	0,833	0,847	0,822	0,819	0,813	0,810	0,785
1125	Иркутская область	0,630	0,635	0,635	0,629	0,634	0,636	0,641	0,636	0,632	0,631
1183	Кабардино-Балкарская Республика	0,701	0,721	0,724	0,727	0,733	0,728	0,731	0,740	0,736	0,735
1127	Калининградская область	0,690	0,696	0,699	0,706	0,720	0,725	0,732	0,737	0,760	0,767
1185	Республика Калмыкия	0,688	0,704	0,702	0,707	0,719	0,706	0,712	0,715	0,716	0,717
1129	Калужская область	0,725	0,726	0,725	0,722	0,724	0,714	0,714	0,701	0,704	0,700
1130	Камчатский край	0,661	0,686	0,710	0,709	0,740	0,725	0,708	0,679	0,684	0,675
1191	Карачаево-Черкесская Республика	0,710	0,744	0,747	0,758	0,782	0,788	0,867	0,870	0,833	0,858
1186	Республика Карелия	0,648	0,656	0,656	0,659	0,670	0,661	0,667	0,665	0,660	0,649
1132	Кемеровская область	0,623	0,626	0,625	0,625	0,628	0,627	0,627	0,624	0,624	0,620
1133	Кировская область	0,682	0,682	0,684	0,685	0,688	0,690	0,691	0,690	0,692	0,690
1187	Республика Коми	0,636	0,633	0,627	0,631	0,640	0,640	0,638	0,635	0,636	0,634
1134	Костромская область	0,688	0,696	0,696	0,697	0,703	0,695	0,696	0,693	0,694	0,690
1103	Краснодарский край	0,697	0,699	0,707	0,713	0,716	0,710	0,706	0,709	0,710	0,706
1104	Красноярский край	0,646	0,643	0,642	0,641	0,652	0,641	0,638	0,630	0,629	0,650
1162	Республика Крым					0,712	0,756	0,802	0,867	0,876	0,855

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1137	Курганская область	0,714	0,725	0,726	0,729	0,733	0,697	0,685	0,690	0,686	0,671
1138	Курская область	0,707	0,715	0,727	0,732	0,740	0,735	0,730	0,736	0,735	0,728
1141	Ленинградская область	0,653	0,663	0,672	0,672	0,692	0,681	0,676	0,682	0,680	0,676
1142	Липецкая область	0,735	0,742	0,737	0,734	0,739	0,724	0,719	0,719	0,715	0,710
1144	Магаданская область	0,556	0,562	0,571	0,573	0,582	0,596	0,606	0,628	0,633	0,622
1188	Республика Марий Эл	0,707	0,718	0,720	0,721	0,727	0,721	0,727	0,717	0,719	0,718
1145	г. Москва	0,751	0,759	0,771	0,777	0,797	0,800	0,804	0,799	0,795	0,782
1146	Московская область	0,715	0,720	0,719	0,739	0,742	0,742	0,739	0,724	0,723	0,718
1189	Республика Мордовия	0,713	0,720	0,722	0,719	0,729	0,721	0,715	0,808	0,856	0,843
1147	Мурманская область	0,642	0,668	0,687	0,696	0,706	0,690	0,694	0,696	0,695	0,677
111	Ненецкий автономный округ	0,769	0,769	0,709	0,709	0,732	0,717	0,717	0,707	0,711	0,679
1122	Нижегородская область	0,761	0,756	0,750	0,736	0,746	0,731	0,724	0,734	0,734	0,730
1149	Новгородская область	0,749	0,759	0,762	0,760	0,766	0,757	0,752	0,743	0,744	0,731
1150	Новосибирская область	0,668	0,672	0,661	0,655	0,663	0,653	0,658	0,644	0,638	0,630
1152	Омская область	0,647	0,648	0,645	0,646	0,652	0,638	0,635	0,630	0,630	0,631
1153	Оренбургская область	0,774	0,782	0,774	0,749	0,760	0,740	0,748	0,758	0,735	0,732
1154	Орловская область	0,704	0,715	0,723	0,721	0,726	0,723	0,724	0,731	0,726	0,722
1156	Пензенская область	0,713	0,712	0,713	0,707	0,710	0,704	0,703	0,703	0,705	0,699

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1157	Пермский край	0,678	0,672	0,655	0,651	0,658	0,643	0,639	0,625	0,625	0,628
1105	Приморский край	0,642	0,651	0,660	0,674	0,684	0,677	0,668	0,662	0,663	0,656
1158	Псковская область	0,699	0,708	0,712	0,710	0,709	0,717	0,724	0,723	0,725	0,719
1160	Ростовская область	0,784	0,792	0,792	0,785	0,806	0,743	0,739	0,734	0,731	0,729
1161	Рязанская область	0,742	0,762	0,757	0,751	0,764	0,753	0,756	0,744	0,746	0,738
1136	Самарская область	0,729	0,736	0,723	0,725	0,727	0,718	0,716	0,734	0,752	0,761
141	г. Санкт-Петербург	0,648	0,659	0,664	0,662	0,675	0,667	0,682	0,693	0,689	0,683
1163	Саратовская область	0,718	0,720	0,720	0,714	0,720	0,728	0,725	0,715	0,711	0,712
1198	Республика Саха (Якутия)	0,576	0,593	0,609	0,615	0,626	0,634	0,627	0,627	0,623	0,612
1164	Сахалинская область	0,639	0,659	0,673	0,676	0,690	0,681	0,668	0,665	0,666	0,660
1165	Свердловская область	0,659	0,658	0,655	0,649	0,661	0,653	0,647	0,645	0,647	0,646
1167	г. Севастополь					0,748	0,784	0,835	0,846	0,873	0,906
1190	Республика Северная Осетия – Алания	0,700	0,714	0,723	0,728	0,740	0,741	0,743	0,728	0,732	0,734
1166	Смоленская область	0,675	0,681	0,681	0,681	0,683	0,681	0,684	0,693	0,692	0,694
1107	Ставропольский край	0,704	0,705	0,702	0,707	0,721	0,730	0,744	0,756	0,755	0,744
1168	Тамбовская область	0,722	0,732	0,730	0,724	0,724	0,723	0,721	0,720	0,716	0,708
1192	Республика Татарстан	0,771	0,782	0,780	0,799	0,782	0,754	0,755	0,758	0,765	0,740
1128	Тверская область	0,730	0,735	0,726	0,728	0,733	0,718	0,712	0,695	0,693	0,690

Окончание таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1169	Томская область	0,629	0,634	0,632	0,633	0,634	0,637	0,638	0,638	0,637	0,633
1170	Тульская область	0,684	0,681	0,681	0,684	0,682	0,677	0,676	0,716	0,713	0,711
1193	Республика Тыва	0,657	0,671	0,674	0,672	0,663	0,648	0,645	0,644	0,644	0,631
1171	Тюменская область	0,622	0,641	0,651	0,651	0,653	0,653	0,658	0,661	0,661	0,653
1194	Удмуртская Республика	0,630	0,631	0,631	0,631	0,637	0,639	0,643	0,647	0,647	0,637
1173	Ульяновская область	0,692	0,699	0,701	0,698	0,701	0,700	0,704	0,709	0,709	0,705
1108	Хабаровский край	0,636	0,651	0,671	0,674	0,705	0,705	0,726	0,686	0,695	0,680
1195	Республика Хакасия	0,682	0,701	0,709	0,719	0,723	0,695	0,694	0,703	0,704	0,684
171	Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	0,726	0,713	0,704	0,689	0,686	0,663	0,653	0,651	0,648	0,645
1175	Челябинская область	0,695	0,683	0,676	0,670	0,671	0,659	0,650	0,645	0,643	0,639
1196	Чеченская Республика	0,785	0,801	0,788	0,772	0,773	0,775	0,794	0,778	0,767	0,761
1197	Чувашская Республика	0,693	0,703	0,703	0,702	0,701	0,694	0,705	0,707	0,708	0,713
1177	Чукотский автономный округ	0,605	0,610	0,603	0,593	0,599	0,585	0,583	0,567	0,576	0,576
172	Ямало-Ненецкий автономный округ	0,716	0,691	0,681	0,674	0,678	0,671	0,655	0,646	0,645	0,644
1178	Ярославская область	0,736	0,738	0,732	0,744	0,750	0,737	0,730	0,713	0,717	0,710
Минимальное значение		0,556	0,562	0,571	0,573	0,582	0,585	0,583	0,567	0,576	0,576
Максимальное значение		0,785	0,810	0,833	0,833	0,847	0,822	0,867	0,870	0,876	0,906
Среднее значение		0,689	0,697	0,699	0,698	0,707	0,701	0,703	0,703	0,704	0,699

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Листинг программы для ЭВМ «Расчет критериев эксплуатации
пожарно-спасательной техники»

```
usesFormsABC;

const
Sum = '1';
Difference = '2';
Multiplication = '3';

begin
mainForm.Width := 465;
mainForm.Height :=450;
mainForm.Title := 'Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной
техники';
mainForm.IsFixedSize := true;

vara := new IntegerField('Срокслужбы: до 5 лет', 100);
varb := new IntegerField('от 5 до 10 лет', 100);
varc := new IntegerField('от 10 до 15 лет', 100);
vard := new IntegerField('свыше 15 лет', 100);
LineBreak();

vare := new IntegerField('Количествовыездов', 100);
varg := new IntegerField('Занятость', 100);
varh := new IntegerField('Кол-воотказов', 100);
varj := new IntegerField('Кол-воремонтов', 100);
LineBreak();

varl := newIntegerField('Кол-во привлеченных автомобилей', 100);
LineBreak();

varactions := new ComboBox();
```



```
actions.Items.Add(Sum);
actions.Items.Add(Difference);
actions.Items.Add(Multiplication);
```

```
varcalculate := new Button('Расчет');
LineBreak();
varm := new RealField('К осн.', 100);
varn := new RealField('К о.г.', 100);
varp := new RealField('К т.г.', 100);
```

```
LineBreak();
varq := new RealField('*Климатическиерайоны:', 1);
LineBreak();
varv := new RealField('1 - оченьхолодный', 1);
LineBreak();
varw := newRealField('2 - холодный, умеренно-холодный', 1);
LineBreak();
varz := newRealField('3 - умеренный, умеренно-теплый, умеренно-теплый
влажный, теплый влажный', 1);
```

```
calculate.Click += () ->
```

```
try
```

```
caseactions.SelectedValue.ToString()[1] of
```

```
Sum: m.Value :=
```

```
0.8*(a.Value+b.Value+c.Value+d.Value)/(a.Value*1+b.Value*1.2+c.Value*1.4+d.Valu
e*1.5);
```

```
    Difference: m.Value :=
```

```
0.9*(a.Value+b.Value+c.Value+d.Value)/(a.Value*1+b.Value*1.2+c.Value*1.4+d.Valu
e*1.5);
```

Multiplication: m.Value :=

$1 * (a.Value + b.Value + c.Value + d.Value) / (a.Value * 1 + b.Value * 1.2 + c.Value * 1.4 + d.Value * 1.5);$

end;

beginn.Value := $1 - g.Value / ((a.Value + b.Value + c.Value + d.Value) * 1440);$

end;

beginp.Value := (1 -

$((a.Value + b.Value) * 37440 + (c.Value + d.Value) * 93600 + j.Value * 86400 + l.Value * 40) / ((a.Value + b.Value + c.Value + d.Value) * 365 * 1440)) * (1 - h.Value / e.Value);$

end;

except on Exception do

end;

end.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Свидетельства о государственной регистрации баз данных и программы
для электронно-вычислительных машин

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020663285

«Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной
техники»

Правообладатели: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU), Шкунов Сергей Александрович (RU)*

Авторы: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU),
Шкунов Сергей Александрович (RU)*

Заявка № 2020662586

Дата поступления 13 октября 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 26 октября 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2020622861

«Показатели эксплуатации пожарно-спасательных
автомобилей в субъектах Российской Федерации»

Правообладатели: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU), Шкунов Сергей
Александрович (RU)*

Авторы: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU),
Шкунов Сергей Александрович (RU)*

Заявка № 2020622572

Дата поступления 01 декабря 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 30 декабря 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев Г.П. Излиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2019620619

Оперативная готовность пожарной техники Российской Федерации

Правообладатели: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU), Шкунов Сергей Александрович (RU), Матюшкин Андрей Анатольевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU)*

Авторы: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU), Шкунов Сергей Александрович (RU), Матюшкин Андрей Анатольевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU)*

Заявка № 2019620456

Дата поступления 28 марта 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 16 апреля 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2021621863

«Показатели оперативной и технической готовности и оснащённости современными пожарными автомобилями Московского территориального пожарно-спасательного гарнизона»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (RU)*

Авторы: *Зайченко Юлия Сергеевна (RU), Шкунов Сергей Александрович (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU), Шумов Виталий Иванович (RU)*

Заявка № 2021621708

Дата поступления 20 августа 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 03 сентября 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлёв

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
Государственной противопожарной
службы МЧС России по научной работе
д.т.н., профессор

М.В. Алешков
2021 г.



АКТ о внедрении

результатов кандидатской диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны **«Модель и алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны»**, представленной к защите по специальности 05.13.10 – управление в социальных и экономических системах (технические науки)

Комиссия в составе председателя – начальника учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники (далее – УНК ПАСТ), к.т.н., доцента Рожкова Алексея Владимировича и членов комиссии – заместителя начальника УНК ПАСТ – начальника кафедры пожарной техники в составе УНК ПАСТ, к.т.н., доцента Климовцова Василия Михайловича, заместителя начальника кафедры пожарной техники, к.т.н. Шигорина Сергея Александровича, старшего преподавателя кафедры пожарной техники Аристархова Владимира Анатольевича подтверждает, что результаты диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны, связанные с разработкой модели и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления пожарной распределением пожарных автомобилей, используются в учебном процессе кафедры пожарной техники в составе УНК ПАСТ по дисциплине «Управление материально-техническим обеспечением» (на лекциях, практических занятиях).

Результаты диссертационной работы востребованы в научно-исследовательской деятельности УНК ПАСТ по направлениям, связанным с подготовкой кадрового состава и при организации учебного процесса.

Председатель комиссии

А.В. Рожков

Члены комиссии:

В.М. Климовцов

С.А. Шигорин

В.А. Аристархов



МЧС РОССИИ

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

(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

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

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

генерал-майор внутренней службы
доктор технических наук

Д.М. Гордиенко



2021 г.

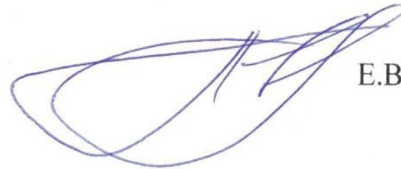
АКТ

об использовании результатов диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны по теме: «Модель и алгоритмы информационно-аналитической поддержки управления распределением мобильных средств пожаротушения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10 – управление в социальных и экономических системах (технические науки)

Комиссия в составе: председатель – заместитель начальника ФГБУ ВНИИПО МЧС России, полковника внутренней службы, Павлов Е.В., члены комиссии: начальник научно-исследовательского центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности, доктор технических наук, Порошин А.А, заместитель начальника научно-исследовательского центра пожарно-спасательной и робототехники, подполковник внутренней службы, Нестеров И.В., ведущий научный сотрудник отдела пожарно-спасательных машин и агрегатов научно-исследовательского центра пожарно-спасательной и робототехники, подполковник внутренней службы, кандидат технических наук, Зубачёв С.М. составила настоящий акт о том, что разработанные в ходе диссертационного исследования Зайченко Юлии Сергеевны алгоритм и модель ранжирования вариантов на основе функции Кобба-Дугласа поддержки и принятия решений при управлении распределением мобильных средств пожаротушения для реализации процедур оснащения и переоснащения пожарно-спасательных подразделений МЧС России, программа для ЭВМ «Расчет критериев эксплуатации пожарно-спасательной техники», базы данных «Оперативная готовность пожарной техники Российской Федерации» и «Показатели эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей в субъектах Российской Федерации» использованы ФГБУ ВНИИПО МЧС России при выполнении научно-исследовательской работы

«Обоснование исходных данных для формирования программы развития ВВСТ в части МЧС России до 2035 года» (пункт 25 раздела III Плана НИОКР МЧС России на 2020 год и плановый период 2021 и 2022 годов).

Председатель комиссии:
Заместитель начальника ФГБУ
ВНИИПО МЧС России
полковник внутренней службы



Е.В. Павлов

Члены комиссии:
Начальник отдела НИЦ ОУППБ
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
доктор технических наук



А.А. Порошин

Заместитель начальника НИЦ ПСРТ
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
подполковник внутренней службы



И.В. Нестеров

Ведущий научный сотрудник НИЦ ПСРТ
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
подполковник внутренней службы
кандидат технических наук



С.М. Зубачёв

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Департамента
образовательной и научно-технической

деятельности МЧС России

д-р юрид. наук, канд. ист. наук, доцент

генерал-майор

Е.Н. Ходатенко

2021 г.







АКТ о внедрении

результатов кандидатской диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны «**Модель и алгоритмы поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны**», представленной к защите по специальности 05.13.10 – управление в социальных и экономических системах (технические науки)

Комиссия в составе: начальника отдела организации конгрессно-выставочных мероприятий и защиты интеллектуальной собственности Кошелева Михаила Владимировича, начальника отдела организации научно-технической деятельности Серебrenникова Константина Евгеньевича, заместителя начальника отдела организации конгрессно-выставочных мероприятий и защиты интеллектуальной собственности Доротюка Антона Александровича, инспектора отдела организации конгрессно-выставочных мероприятий и защиты интеллектуальной собственности Федоринова Антона Викторовича подтверждает, что результаты диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны, связанные с разработкой модели и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления распределением пожарных автомобилей в территориальные пожарно-спасательные гарнизоны, используются в Главных управлениях МЧС России по субъектам Российской Федерации, а также при разработке перспективных проектов и исследованиях в области разработки пожарно-спасательных автомобилей.

Члены комиссии:

 М.В. Кошелев
 К.Е. Серебrennikov
 А.А. Доротюк
 А.В. Федоринов

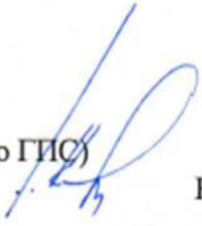



АКТ о внедрении


результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Зайченко Юлии Сергеевны в деятельность Главного управления МЧС России по Свердловской области

Комиссия Главного управления МЧС России по Свердловской области (далее – Главное управление) в составе: заместителя начальника Главного управления (по Государственной противопожарной службе) полковника внутренней службы Казакова В.Ю.; заместителя начальника управления – начальника отдела технического обеспечения УМТО Главного управления подполковника внутренней службы Новикова Е.М.; заместителя начальника управления - начальника отдела организации службы пожарно-спасательных подразделений УОПиПАСР Главного управления подполковника внутренней службы Бондаря Е.А., подтверждает, что результаты диссертационной работы Зайченко Юлии Сергеевны в области поддержки управления распределением пожарных автомобилей планируется использовать при оценке оснащения местных пожарно-спасательных гарнизонов и ранжировании вариантов распределения пожарных автомобилей в пределах территориального пожарно-спасательного гарнизона.

Члены комиссии:

Заместитель начальника Главного управления (по ГПС)
полковник внутренней службы  Казаков В.Ю.

Заместитель начальника управления – начальник
ОТО УМТО Главного управления
полковник внутренней службы  Новиков Е.М.

Заместитель начальника управления - начальник
ООСПСР УОПиПАСР Главного управления
подполковник внутренней службы  Бондарь Е.А.

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности
 начальника Главного управления
 МЧС России по Ивановской области
 полковник



В.А. Фролов

2021 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Зайченко Юлии Сергеевны в деятельность Главного управления МЧС России по Ивановской области

Комиссия в составе: председателя – начальника УОПТ и ПАСР Главного управления МЧС России по Ивановской области, А.Е. Никонова и членов комиссии – заместителя начальника управления - начальника отдела организации пожаротушения УОПТ и ПАСР Главного управления МЧС России по Ивановской области С.В. Дудина и начальника группы ФПС ГПС по организации пожаротушения И.В. Пестова, подтверждает, что результаты диссертационного исследования Зайченко Юлии Сергеевны используются при анализе оснащенности пожарно-спасательных подразделений и рациональному и обоснованному распределению пожарных автомобилей между ними.

Председатель комиссии:

А.Е. Никонов

Члены комиссии:

С.В. Дудин

И.В. Пестов